
NORMA CUBANA

NC

853: 2012

**CARRETERAS RURALES — CATEGORIZACIÓN TÉCNICA Y
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL TRAZADO
DIRECTO**

Rural roads — Technical categorization and geometric characteristics of direct tracing

ICS: 17.040.30

1. Edición Diciembre 2012
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 853: 2012

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 21 de Carreteras en el que se encuentran representadas las siguientes entidades:
 - Ministerio de la Construcción (MICONS)
 - Ministerio del Transporte (MITRANS)
 - Ministerio de Educación Superior (MES)
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas (MINFAR)
 - Poder Popular de Ciudad de la Habana
 - Oficina Nacional de Normalización (ONN)
- Es una revisión de la NC 53 - 02: 1986 *Elaboración de proyectos de construcción. Carreteras rurales. Categorización técnica y características geométricas del trazado directo*, a la cual sustituye.
- Toma como base los conceptos establecidos en la publicación de la American Association of State Highways and Transportation Officials “*A policy on geometric design of highways and streets, AASHTO, 6th Edition, 2011*”, considerando sus criterios de diseño ajustando los mismos a las condiciones de Cuba e incluyendo los criterios de la publicación de la Federal Highways Administration “*Flexibility in highway design, U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, USA 1995*” y en el “*Highway capacity manual*”, Highway Research Board, USA 2010.
- Consta de los Anexos A, B, C y D (Normativos)

© NC, 2012

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

Índice

1 Objeto	5
2 Referencias Normativas	5
3 Términos y definiciones	5
4 Categorización técnica	6
5 Características geométricas	11
ANEXO A(Normativo).....	58
ANEXO B(Normativo).....	68
ANEXO C(Normativo).....	74
ANEXO D(Normativo).....	81
ANEXO E(Normativo).....	86
Bibliografía.....	88

0 Introducción

0.1 El desarrollo de la red de carreteras exige que la concepción de su trazado tanto en planta como en perfil se adecue al parque vehicular de última generación, los que al ser más potentes y veloces requieren de carreteras que proporcionen una calidad de servicio acorde a sus características, o sea carreteras mas seguras, funcionales y cómodas o confortables, este es el objetivo perseguido en esta norma, adecuado a las condiciones de nuestro país.

0.2 La caracterización de los parámetros a cumplir por la carretera se basa en el volumen diario de vehículos a circular diariamente por la misma cuando alcance el horizonte para lo que se concibe, (Promedio Anual de Volúmenes Diarios de Tránsito), la topografía del terreno donde se ubica, (llano, ondulado o montañoso) y el factor determinante en la concepción geométrica de la carretera, la velocidad de diseño.

0.3 Se mantienen en la norma todos los temas y aspectos que además de ser una guía para soluciones del diseño geométrico de las carreteras, pueden solucionar diferentes problemas que se encuentran los proyectistas.

CARRETERAS RURALES — CATEGORIZACIÓN TÉCNICA Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL TRAZADO DIRECTO

1 Objeto

Esta Norma Cubana establece la categorización técnica de las carreteras rurales de la Red Nacional, así como las características geométricas del trazado directo de las mismas.

Se aplicará a los proyectos de nuevas carreteras, así como la reconstrucción general de las existentes, comprendidas dentro de las categorías I, II, III y IV que se establecen en esta Norma.

No se aplicará a los proyectos de autopistas, autovías y caminos.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias fechadas, sólo es aplicable la edición citada. Para las referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NC 754:2010 Carreteras. Requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales.

3 Términos y definiciones

A los fines de esta Norma Cubana se aplican los términos y las definiciones siguientes:

3.1 carreteras rurales

Son aquellas vías dedicadas para el uso del tránsito automotor en general, ubicadas fuera de los límites de las zonas urbanas.

3.2 terreno llano (LL)

Cuando en una longitud de 500 m medida a lo largo del eje de la carretera y dentro de la faja de emplazamiento, la diferencia de nivel entre dos puntos es menor que 20 m o cuando la pendiente transversal del terreno medida en secciones cada 100 m a lo largo del trazado es menor del 5 % .

3.3 terreno ondulado (O)

Cuando la diferencia de nivel entre dichos dos puntos está entre los 20 m y 35 m o la pendiente transversal del terreno está entre el 5 % y el 20 %.

3.4 terreno montañoso (M)

Cuando la diferencia de nivel entre dichos dos puntos es mayor de 35 m o la pendiente transversal del terreno es mayor del 20 %

3.5 gálibo

Representa al área sobre la sección transversal de la carretera que garantiza que por la misma la circulación de los vehículos para la cual fue proyectada se efectuó de una forma segura y libre de obstáculos.

3.6 gálibo dinámico

Es el área de la sección transversal en cualquier punto de la carretera a través de la cual puede circular libremente el vehículo de diseño con sus fluctuaciones dinámicas.

4 Categorización técnica

4.1 La categorización técnica de las carreteras se realiza en función de estudios técnicos – económicos, que comprende intensidad de tránsito, tipo de terreno y destino funcional.

4.2 En función de la intensidad de tránsito las carreteras se dividen en las siguientes categorías técnicas (Ver Tabla 1).

Tabla 1 — Categorías técnicas de las carreteras

Categoría Técnica	Intensidad de tránsito (PAVDT) Vehículos/día
1 Vías expresas rurales	Mayor que 8 000
2 I	Mayor que 4 000 a 8 000
3 II	Mayor que 2 000 a 4 000
4 III	De 750 a 2000
5 IV	Menor que 750
NOTA: Para las Vías Expresas Rurales (Ver NC 754)	

4.3 La intensidad de tránsito (PAVDT) es el Promedio Anual de Volúmenes Diarios de Tránsito esperado para el año de diseño de la carretera. Se utiliza para denominar la categoría de la misma en un período de 20 años y se determina mediante conteos y pronósticos de tránsito.

El PAVDT estará expresado en vehículos ligeros, utilizándose los siguientes factores de conversión:

- Tránsito en vehículos mixtos a tránsito de vehículos ligeros

$$\frac{(100 - P_r + E_t P_t)}{100}$$

- Tránsito en vehículos ligeros a tránsito en vehículos mixtos

$$\frac{100}{(100 - P_r + E_t P_t)}$$

donde

P_i : Por ciento de vehículos pesados

E_i : Factor de equivalencia

Para la categorización técnica, E_i es igual a:

Un ómnibus = 2 vehículos ligeros

Un camión = 2,5 vehículos ligeros

4.4 Velocidad de diseño

Es la máxima velocidad segura que puede mantenerse en la carretera, cuando las condiciones meteorológicas y de tránsito no influyen desfavorablemente, siendo las únicas limitaciones las que están dadas por las características geométricas y estructurales de dicha carretera.

Para las diferentes categorías de carreteras y en dependencia del tipo de terreno por el cual se desarrollan sus trazados, se fijan las siguientes velocidades de diseño (Ver Tabla 2).

Tabla 2 — Velocidades de diseño

Categoría técnica de la carretera	Velocidad de diseño km/h		
	Tipo de terreno		
	LL	O	M
I	100	80	60
II	80	60	50
III	60	50	40
IV	50	40	30

NOTA: Estas definiciones se utilizan para generalizar el tipo de terreno en un tramo del trazado, dándole la clasificación del tipo predominante. Este tramo de trazado debe ser como mínimo de 3,0 km.

4.5 Gálbo

La determinación de las dimensiones del gálbo se realiza basada en:

- El vehículo de diseño - vehículo cuyas dimensiones abarcan las dimensiones de todos los vehículos que transitan regularmente por las carreteras del país.

Dimensiones del vehículo de diseño:

Ancho - 2,59 m

Alto - 4,00 m

y la velocidad de diseño de la carretera.

4.5.1 Gálibo dinámico

Las dimensiones del gálibo dinámico se determinan de la manera siguiente:

Ancho - B_d : Suma de los anchos de los carriles y las bandas de reforzamiento del pavimento. El ancho de los carriles está dado en dependencia de la categoría de la carretera (Ver Capítulo 5, Tabla 5) y las bandas de reforzamiento según las secciones típicas (Ver Apartado 5.1 (secciones típicas))

Altura - H_d : Altura (H) del vehículo de diseño más 0,20 m.

Gálibo total. Es el área de la sección transversal en cualquier punto de la carretera cuyas dimensiones garantizan la explotación normal y la circulación con seguridad de los vehículos para los cuales está proyectado.

El gálibo total se determina:

Ancho - B_t : Al ancho del gálibo dinámico (B_d) se le añaden a ambos lados franjas de 1,50 m gálibo libre.

Cuando los paseos son mayores de 1,50 m a B_d se le añade los anchos de los paseos. En caso restringido el gálibo libre puede tener un ancho de 1,00 m denominándose a éste, gálibo libre restringido y el gálibo total, gálibo total restringido.

Altura - H_t : A la altura del gálibo dinámico H_d se añade:

- Para la categoría I - 0,80 m
- Para las categorías II, III y IV 0,30 m

El gálibo libre estará despejado de cualquier obstáculo que represente un peligro para el tránsito.

En el gálibo libre se permite la ubicación de:

- Contenes elevados para aceras y elementos fácilmente deformables de la señalización vertical que disten 0,50 m de los límites del gálibo dinámico.
- Los postes de la señalización vertical de la carretera podrán estar situados en los límites del gálibo libre normal o restringido.
- La ubicación de defensas laterales y los elementos estructurales de pasos y puentes se realizarán a partir del límite del gálibo libre, o bordes de paseos cuando éstos tengan un ancho superior a 1,50 m (Ver Figura 1).

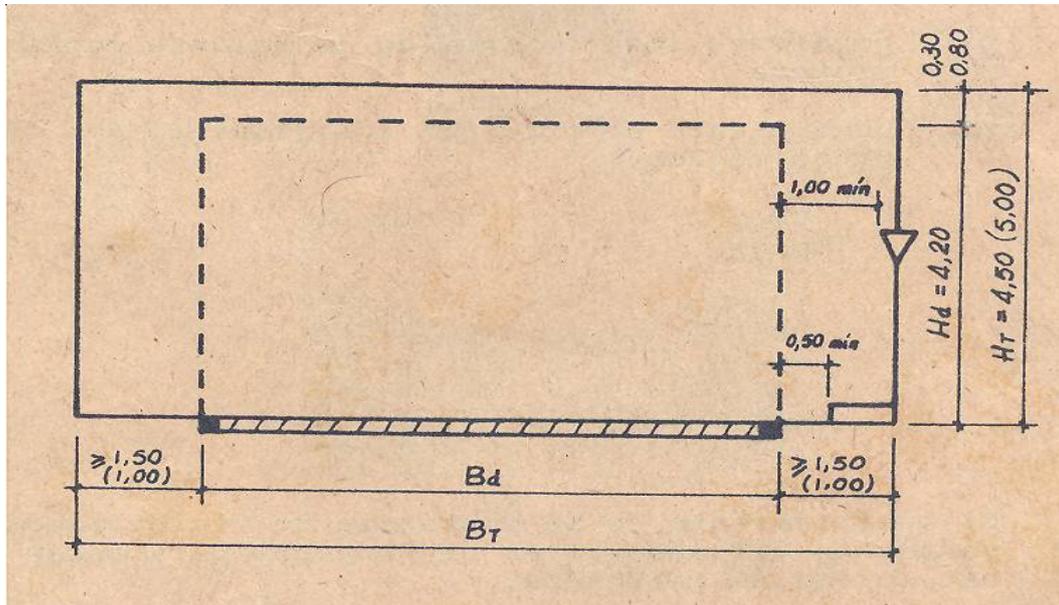


Figura 1 — Esquema del gálibo

Se recomienda un gálibo vertical mínimo de 5,00 m en las categorías I y II y para las carreteras tipo III y IV un mínimo de 4,50 m.

4.6 Distancia de visibilidad

Representa la distancia mínima necesaria que debe proporcionar la vía delante de la vista del conductor del vehículo para que el tránsito se desarrolle con comodidad y seguridad.

4.6.1 Distancia de visibilidad de parada o segura de frenado (D_p)

Representa la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita a, o cerca de la velocidad del diseño, vea un objeto en su trayectoria y le permita detener el vehículo o circular lentamente buscando evadir el obstáculo con una maniobra que le sea fácil siempre y cuando esta decisión esté dentro de la seguridad. El aseguramiento de la distancia de visibilidad de parada es obligatorio en el proyecto para todas las categorías de carretera (Ver Tabla 3).

Tabla 3 — Distancias seguras de frenado, de vehículo contrario y de adelantamiento

Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia segura de frenado (m)
100	210
80	140
60	95
50	60
40	45
30	30
Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de visibilidad de un vehículo contrario (m)
100	420
80	280
60	180
50	120
40	90
30	60
Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
100	700
80	560
60	420
50	350
40	280
30	210
Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia segura de frenado (m), valor mínimo absoluto
100	165
80	115
60	80
50	60
40	45
30	30

4.6.2 Distancia de visibilidad de un vehículo contrario (D_c)

Representa la distancia necesaria para que se efectúe la parada de dos vehículos que circulan en sentido contrario por el mismo carril.

La distancia de visibilidad mínima necesaria de un vehículo contrario, se toma como la suma de la distancia de visibilidad de parada para dos vehículos dados en la Tabla 3.

La distancia de visibilidad de un vehículo contrario se utiliza en la confección de los proyectos de señalización en carreteras de dos carriles.

Cuando no es posible asegurar esta distancia de visibilidad, en el eje de la calzada hay que pintar el eje de la carretera con una línea continua y se colocarán las señales correspondientes prohibiendo el adelantamiento.

4.6.3 Distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a)

Representa la distancia a la cual el conductor de un vehículo debe divisar a otro vehículo que circula en sentido contrario, para poder realizar un adelantamiento, con seguridad, del vehículo que circula delante de él.

Los valores mínimos de las distancias de velocidad de adelantamiento en dependencia de la velocidad de diseño de la carretera y para rasante horizontal están dados en la Tabla 3.

4.6.4 Para carreteras de dos carriles el número mínimo de tramos con distancia de visibilidad de adelantamientos asegurada cada 5,0 km está dado en la Tabla 4.

Tabla 4 — Tramos mínimos de distancia de visibilidad de adelantamiento asegurada

Velocidad de diseño (Km/h)	30	40	50	60	80	100
Número mínimo de oportunidades de adelantar para cada 5,0 km	2	2	3	3	3	4

En terrenos montañosos, donde no es posible proporcionar los tramos mínimos para el adelantamiento se preverá para velocidades de diseño iguales o menores de 50 km/h en lugares convenientemente seleccionados apartaderos para los vehículos pesados y permitir que los más ligeros pueden realizar el adelantamiento y para velocidades iguales o mayores de 60 km/h de carriles de marcha lenta (Ver el Apartado 5.3.4).

Para la determinación de las distancias de visibilidad se toman los valores siguientes:

- Para el conductor del vehículo:

El punto de observación se encuentra a una altura de 1,14 m de la superficie del pavimento y a una distancia de 1,50 m del borde interior del propio carril de circulación.

- Para el obstáculo:

El obstáculo se encuentra en la superficie del pavimento del propio carril.

El vehículo que circula contrario por el carril en el cual se realizará el adelantamiento tiene una altura de 1,37 m.

En el Anexo A se muestra la forma en que debe realizarse la comprobación y el registro de la distancia de visibilidad en los proyectos.

5 Características geométricas

Las características geométricas generales para las diferentes categorías de carreteras están dadas en la Tabla 5.

En caso de topografías difíciles en terrenos montañosos para las categorías III y IV pueden utilizarse las pendientes máximas dadas en la Tabla 5 encerradas en paréntesis.

Los valores límites de los parámetros dados en la Tabla 5 para las distintas categorías y velocidades solo deben ser utilizados en casos extremos, siempre que sea posible deben de utilizarse valores mayores.

En casos excepcionales una curva se podrá proyectar con parámetro de la velocidad inmediata inferior y señalizarse para dicha velocidad, siempre y cuando las curvas anteriores y posteriores a la afectada estén proyectadas para los valores límites de la velocidad de diseño del proyecto y las rectas que las unen no tengan longitudes mayores a 0,2 de la longitud máxima para rectas dadas en la Tabla 5 de forma tal que sean tramos de transición para las diferentes velocidades.

Si estas condicionales no se pueden cumplir, o las curvas que tienen que ser afectadas son mas de una en un tramo de carretera, entonces será necesario proyectar un tramo de transición con los parámetros para otro tipo de terreno y así ajustar la carretera a una con características inferiores, o sea, para parámetros de otro tipo de terreno o de una categoría inferior de carretera.

Siempre que las condiciones topográficas lo justifiquen dentro de una misma categoría de carretera podrá pasarse la velocidad de un tipo de terreno a otro tipo con sus parámetros correspondientes en tramos mayores de 3,0 km.

Siempre que las condiciones topográficas lo justifique la categoría de una carretera podrá variarse en tramos mayores de 5,0 km.

Para las categorías III y IV permite aumentar el valor de la velocidad de la Tabla 5, al inmediato de la categoría superior para el mismo tipo de terreno con los parámetros correspondientes en tramos mayores de 3,0 km., manteniendo la misma sección transversal.

Tabla 5 — Características geométricas generales

Categoría			I			II			III			IV			
PAVDT		Veh/d	mayor que 4 000 a 8 000			mayor que 2 000 a 4 000			De 750 a 2000			menor que 750			
Tipo de terreno			LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	
Velocidad de diseño		km/h	100	80	60	80	60	50	60	50	40	50	40	30	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Ancho de carril	m	3,75	3,50	3,50	3,25	3,25	3,25	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00 (2,75)	
2	Ancho de calzada	m	7,50	7,00	7,00	6,50	6,50	6,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00 (5,50)	
3	Ancho de paseos	m	3,00	2,50	2,00	2,50	2,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,50	1,00	1,00 (0,75)	
4	Corona	m	13,50	12,00	11,00	11,50	10,50	9,50	9,00	9,00	8,00	9,00	8,00	8,00 (7,50)	
5a	Curvatura máxima horizontal	s = 10%	0	3° 20'	5° 30'	10° 30'	5° 30'	10° 30'	-	10° 30'	-	-	-	-	-
		s = 6%	0	-	-	-	-	-	81,85	-	81,85	46,77	81,85	46,77	22,92
5b	Radio mínimo horizontal	s = 10%	m		208,35	109,14	208,35	109,14	-	109,14	-	-	-	-	-
		s = 6%	m	-	-	-	-	-	81,85	-	81,85	46,77	81,85	46,77	22,92
6	Inclinación de la rasante máxima	%	3	5	8	4	6	9	5	7	10(12)	6	8	12(14)	
7	Kv mínimo deseable de curvas verticales	Cima		100	50	20	50	20	15	20	15	10	15	10	10
		Depre- sión		50	35	20	35	20	15	20	15	10	15	10	10
8	Distancia de visibilidad de parada en horizontal (Dp)	m	210	140	95	140	95	60	95	60	45	60	45	30	
9	Distancia de visibilidad de adelantamiento en horizontal (Da)	m	700	560	420	560	420	350	420	350	280	350	280	210	
10	Gálibo vertical	m	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	

NOTA: Fila 7, los valores de k mínimo absoluto y de adelantamiento están dados en la Tabla 11

5.1 Secciones típicas

En las Figuras 3 A y 3 B están dadas las secciones típicas de las coronas para las distintas categorías de carreteras.

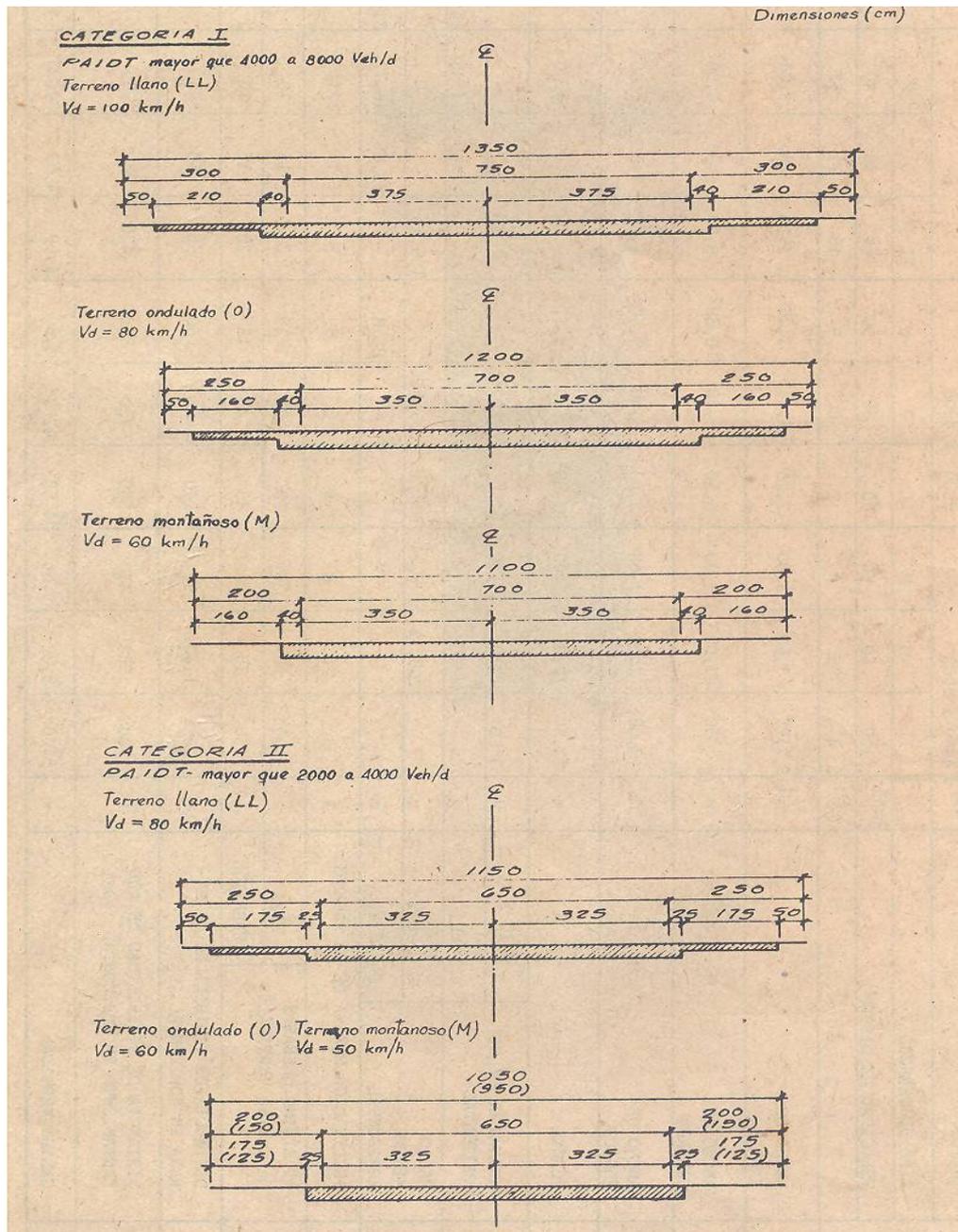


Figura 3 A — Secciones típicas de corona para las categorías I y II

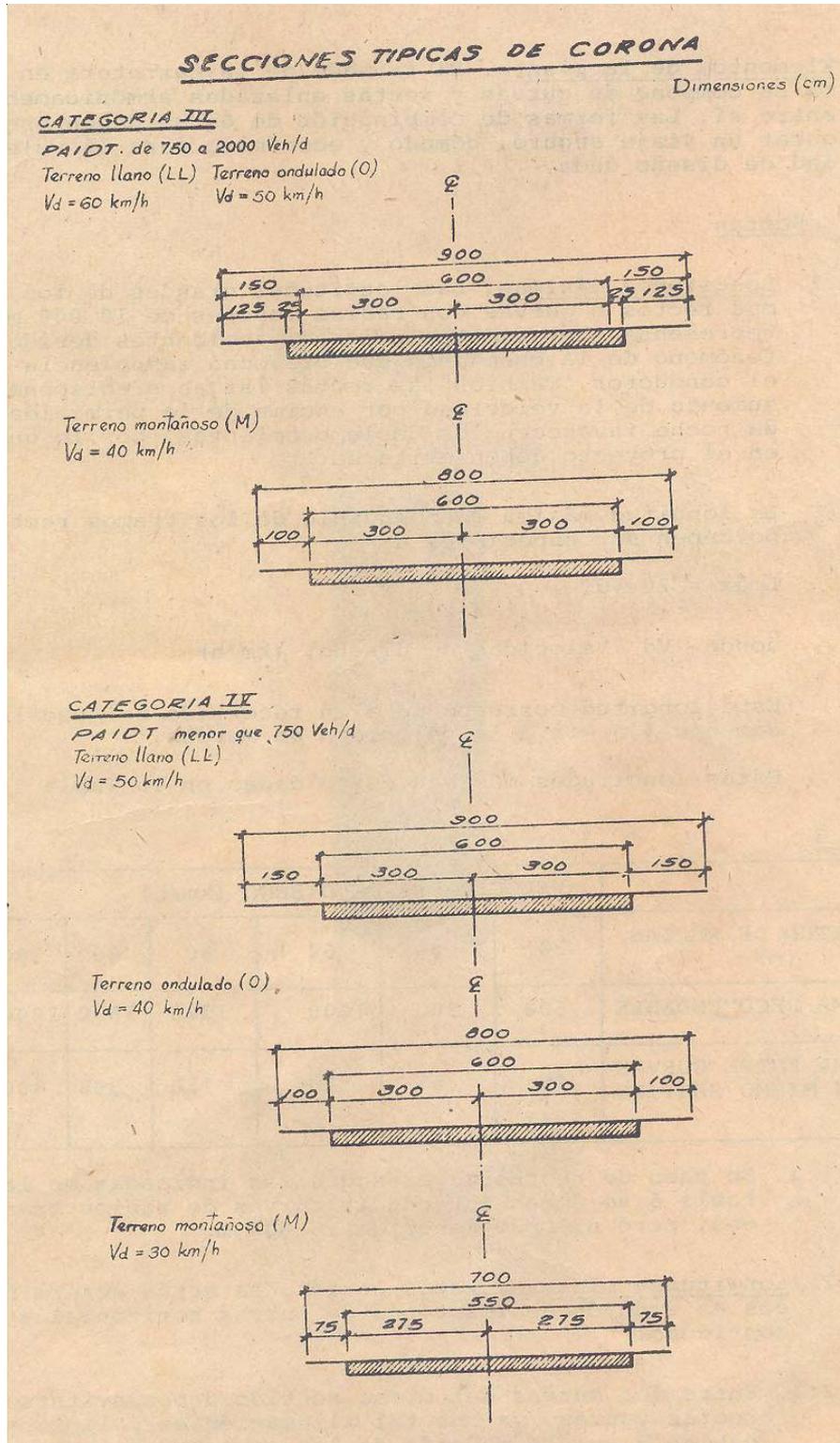


Figura 3 B — Secciones típicas de corona para las categorías III y IV

5.2 Elementos de la planta

El trazado de la carretera en planta se compone de curvas y rectas enlazadas armónicamente entre sí. Las formas de combinación de éstas deben asegurar un viaje seguro, cómodo y económico para la velocidad de diseño dada.

5.2.1 Rectas

5.2.1.1 Longitudes máximas

Las longitudes grandes de los tramos rectos o curvas con radio mayores de 10 000 m representan zonas potenciales de accidentes debido al fenómeno de la monotonía que provoca somnolencia en el conductor. También las rectas largas predisponen al aumento de la velocidad por encima de la permitida y de noche favorecen los deslumbramientos, por lo que en el diseño deben de evitarse.

La longitud máxima recomendable de los tramos rectos no deben ser superiores a:

$$L_{\text{máx}} = 20 V_d$$

donde

V_d : Velocidad de diseño (km/h)

Esta longitud corresponde a un recorrido de aproximadamente 1,5 min a la velocidad de marcha.

Estas longitudes máximas están dadas en la Tabla 6.

Tabla 6 — Longitudes máximas de tramos rectos

Longitud de rectas (m)	Velocidades de diseño (km/h)					
	30	40	50	60	80	100
Máxima recomendable	600	800	1000	1200	1600	2000
Mínima entre curvas de un mismo sentido	55	75	100	150	350	450

En caso de rectas mayores que las indicadas en la Tabla 6 se deben introducir curvas de radios grandes, pero siempre menor de 10 000 m.

5.2.1.2 Longitudes mínimas

Estas longitudes están determinadas en función de los tipos de curvas horizontales contiguas.

Entre dos curvas del mismo sentido deben evitarse rectas cortas, ya que tal alineación es peligrosa debido a que la mayoría de los conductores no esperan que dos curvas sucesivas tengan su inflexión en el mismo sentido.

Las longitudes de estas rectas no deben ser menores que las mínimas establecidas en la Tabla 5 que corresponden a un tiempo mínimo de 5 segundos para velocidades bajas.

En el caso de no poder cumplir con estas distancias (Ver Sub Apartado 5.2.2.2.4)

Entre dos curvas de sentido contrario la longitud del tramo recto no debe ser menor de $2 N$.

donde

N : Longitud necesaria para desarrollar la superelevación de bombeo á 0 % en tangente (Ver Sub Apartado 5.4.2.3). Cuando esto no se puede lograr entonces se elimina el tramo recto (Ver Sub Apartado 5.2.2.2.4).

La relación entre las longitudes de dos tramos rectos contiguos no debe sobrepasar el valor 1:3

5.2.2 Curvas horizontales

Las curvas horizontales están compuestas por curvas circulares de radio constante y curvas de transición de radio variable, (espiral de Euler, también denominada clotoide). Éstas últimas aseguran el paso gradual de los vehículos en su movimiento de una trayectoria rectilínea o una curvilínea y viceversa.

Las combinaciones de las curvas antes mencionadas pueden ser de modo diferentes, pero no deben de estar en contradicción con los requerimientos citados en el presente Apartado.

5.2.2.1 Curvas circulares

Las curvas circulares representan arcos de circunferencias con un determinado radio R_h o una curvatura G_h . Se pueden utilizar en el proyecto, combinadas con curvas de transición o como circulares simples (Ver Figura 4).

Como circulares simples pueden proyectarse sólo en los casos en que sus curvaturas sean menores que las indicadas en la columna 7 de la Tabla 7 y correspondientemente, sus radios son mayores que los indicados en la columna 8 de la misma Tabla.

También pueden proyectarse en las carreteras de categoría IV en terreno montañoso para cualquier radio, igual o mayor que el indicado en la columna 4 de dicha Tabla y como caso excepcional en la categoría III para las mismas condiciones.

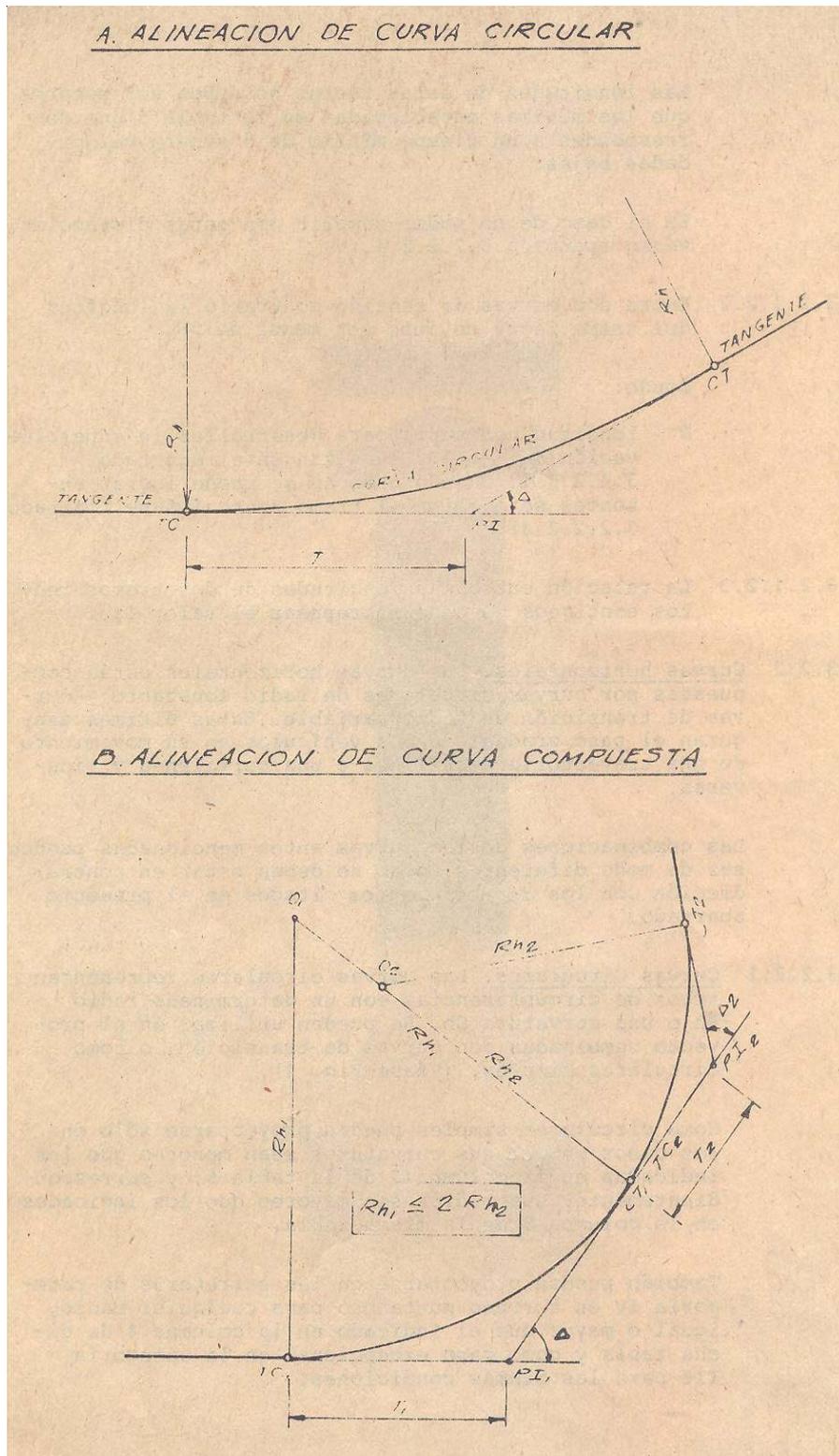


Figura 4 — Curvas circulares

Tabla 7 — Coeficientes de fricción para pavimentos mojados, radios de curvatura mínimos y grados de curvatura máximos

Vd (km/h)	f	G máx (o)	Rmín (m)	Gmáx (o)	Rmín (m)	Gmáx (o)	Rmín (m)
		S _{max} = 10 %		s = 2 %		b = 2 %	
100	0,13	3° 20'	343,78	0° 23'	2989,36	0° 17'	4044,42
80	0,14	5° 30'	208,35	0° 30'	2291,84	0° 23'	2989,36
60	0,16	10° 30'	109,14	1° 00'	1145,92	0° 35'	1964,43
		S _{max} = 6 %		s = 2 %		b = 2 %	
50	0,18	14° 00'	81,85	1° 30'	763,95	0° 46'	1494,68
40	0,21	24° 30'	46,77	2° 30'	458,37	1° 15'	916,74
30	0,25	50° 00'	22,92	4° 10'	275,02	2° 10'	528,89

Los radios (R) y sus grados de curvatura (G) de las curvas circulares a través para la velocidad de diseño dad, se calculan por las fórmulas siguientes:

$$R = \frac{Vd^2}{127(f \pm s)} \quad (\text{m})$$

$$G = \frac{145,692(f \pm s)}{Vd^2} \quad (\text{o})$$

donde

V_d : Velocidad de diseño (km/h)

f : Coeficiente de fricción transversal del pavimento mojado (Ver Tabla 7)

s : Superelevación del pavimento (m/m)

Los radios mínimos R_{mín} y los grados de curvatura máximos G_{máx} de curvas horizontales que se aplicarán en el diseño están indicados en la Tabla 7.

Los mismos garantizan una circulación segura para la correspondiente velocidad de diseño en un pavimento mojado con una superelevación s = 10 % para velocidades iguales o mayores de 60 km/h y s = 6 % para velocidades iguales o menores de 50 km/h. Es recomendable que el empleo de los R_{mín} o G_{máx} se haga solo en lugares difíciles del trazado. No se permite su aplicación en el extremo de rectas largas. Las longitudes de las rectas (L) y el valor de los radios (R) deben tener una relación de $R \geq \frac{L}{7}$ para V_d ≤ 60 km/h y $R \geq \frac{L}{5}$ para V_d > 60 km/h.

No se diseñarán curvas con radios mínimos con pendientes superiores a un 0,7 de la máxima pendiente admitida (Ver Tabla 5).

Teniendo en cuenta la seguridad y la estética en la proyección de carreteras, deben lograrse:

- Que los radios (curvaturas) de dos curvas contiguas estén en una relación que corresponda a la "Zona Recomendable" de la Figura 5.

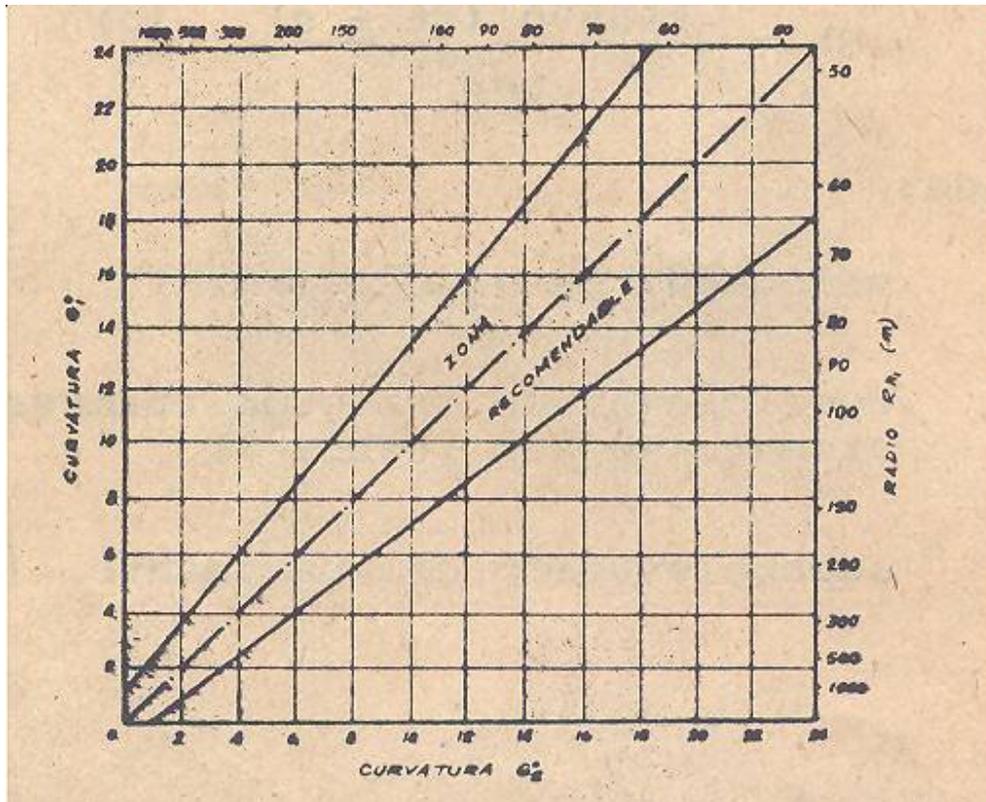


Figura 5 — Relación entre los radios (R), de curvas horizontales contiguas

- Que las longitudes de los arcos de curvas cuyo ángulo de inflexión sea pequeño, deben ser suficientes para obtener una buena percepción óptica de la carretera.
- En inflexiones pequeñas las curvas tendrán una longitud suficiente para evitar la apariencia de una quebradura del trazado, como mínimo tendrán 150 metros de longitud para un ángulo central de 5° , esta longitud se incrementará 30 metros por cada grado de disminución en el ángulo central.
- Las curvas compuestas por dos o más curvas circulares se pueden proyectar para una relación de radio $R_{h1} \leq 2 R_{h2}$ (Ver Figura 4).
- En curvas compuestas no se permite el enlace de más de tres circulares.
- Se permite el diseño de curvas compuestas sólo por circulares para las categorías de carreteras con velocidades de 40 km/h y 30 km/h.

5.2.2.2 Curvas de transición

Cuando el radio de las curvas circulares tiene un valor que no permite que la circulación de los vehículos no sea afectada por la aceleración centrífuga en el paso de recta a curva, se concebirá una transición para que este paso se realice gradualmente mediante la inserción de una curva de transición. Estas deben asegurar las mismas condiciones de comodidad y seguridad que garantiza el resto del trazado.

La aplicación de las curvas de transición es obligatoria para los casos en que las curvas circulares tienen un radio menor que los dados en la columna 8 de la Tabla 6.

La aplicación de las curvas de transición no es obligatoria para las carreteras de categoría IV en terreno montañoso y en casos excepcionales para la categoría III para el mismo tipo de terreno.

5.2.2.2.1 Desarrollo de la curva de transición

Se recomienda la clotoide (Espiral de Euler), curva que su trazado es el que mas se aproxima más a la trayectoria natural seguida por los vehículos en su paso de un tramo en recta a un tramo en curva.

La fórmula general de la clotoide (espiral de Euler) es:

- En función de la curvatura:

$$g = k \frac{l_s}{20}$$

Donde:

g: grado de la curvatura en cualquier punto de la curva

k: razón de cambio del grado de curvatura de la curva de transición para longitudes de 20 m

l_s : longitud medida desde el punto de tangencia de la espiral con la recta hasta el punto donde la espiral y la curva circular tienen el mismo valor de radio (Ver Figura 6)

$$g = k \frac{L_s}{20}$$

donde

L_s : Longitud de la curva espiral entre el TS y el CS y entre el SC y el ST (m)

g: Grado de curvatura de la circular a la cual se enlaza la espiral.

TS: Punto donde se pasa de la primera tangente a la primera curva espiral

SC: Punto donde termina la primera curva espiral y comienza la curva circular.

CS: Punto donde termina la curva circular y comienza la segunda curva espiral.

ST: Punto donde se pasa de la segunda espiral a la segunda tangente

o: Retranqueo, ordenada desde la tangente al TS a la curva circular prolongada hasta el PC.

t: Abscisa en metros del PC, referida al TS o la distancia desde el TS al punto sobre la tangente opuesta al PC de la nueva circular prolongada

X: Abscisa en metros, del SC o CS referida al TS, es decir tomando como ejes de abscisas la tangente al TS (tangente principal) y como ejes de ordenadas la normal al mismo (eje).

Y: Ordenada a la tangente principal en metros del SC

Δ : Angulo de intersección entre las tangentes de la curva completa.

Δ_s : Angulo de intersección entre la tangente a la curva completa y la tangente al SC, el ángulo de la curva espiral.

Δ_c : Angulo de intersección entre las tangentes al SC y al CS o el ángulo central de la parte de la curva circular de la curva completa.

- En función del radio:

$$R = \frac{A^2}{L_s} \quad (\text{m})$$

donde

R: Radio de la curva de transición en el punto común con la curva circular (SC y CS) (m)

L_s : Longitud de la curva espiral, entre el TS y el CS y entre el SC y el ST (m)

A: Parámetro de la curva de transición

En la Figura 6 se muestra la forma general de la curva de transición con la simbología de sus elementos.

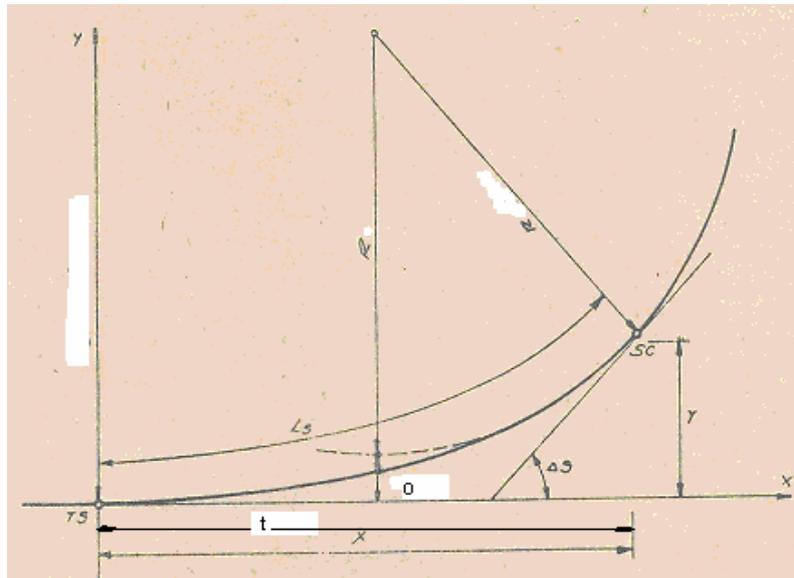


Figura 6 — Curva de transición (espiral)

5.2.2.2 Condiciones de la curva de transición

Las longitudes de las curvas de transición deben respetar las condiciones siguientes:

- **Condición dinámica:** La variación de la aceleración centrífuga (j) en la extensión de la curva de transición, nombrado coeficiente dinámico, no debe superar los valores:

- Deseables

Para $V_d < 80$ km/h $j = 0,50$ m/s³

Para $V_d \geq 80$ km/h $j = 0,40$ m/s³

- Máximos

Para $V_d = 100$ km/h $j = 0,5$ m/s³

Para $V_d = 80$ km/h $j = 0,6$ m/s³

Para $V_d \leq 80$ km/h $j = 0,7$ m/s³

Esta condición se satisface mediante la selección de una curva con una longitud:

$$L_s \geq \frac{V_d}{47j} x \left(\frac{V_d}{47j} - 127s \right) \quad (\text{m}) \quad y$$

$$K \geq \frac{j}{Vd} \times \frac{1077165 G}{Vd^2 G - 145690 \times s} \quad \text{ó}$$

$$A \geq \sqrt{\frac{Vd R \times \left(\frac{vd^2}{R} - 187 \times s\right)}{47 j}}$$

donde

K y A (Ver Sub Apartado 5.2.2.2.1)

J: Coeficiente dinámico

G: Curvatura circular (o)

R: Radio de la curva circular en (m)

s: Superelevación en la curva circular (m/m)

L_s : Longitud de transición (m)

- **Condición para el desarrollo de la superelevación:** La longitud de la curva de transición (L_s) a lo largo de la cual se realiza el desarrollo de la superelevación, tendrá un valor tal que la pendiente relativa longitudinal (ΔP), de los bordes del carril de circulación, con relación a la rasante del eje de carretera no sobrepasen los indicados en la Tabla 8.

Tabla 8 — Valores condicionantes del desarrollo de la superelevación en las curvas de transición

Elementos		V _d (km/h)						
		30	40	50	60	80	100	
Velocidad de marcha (V _m)	km/h	29	38	47	55	70	86	
Coeficiente de fricción transversal del pavimento mojado (ft _{max})	-	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	
Variación de la aceleración	Máximo	-	-	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5
Centrífuga (j) para condición dinámica	Deseable	-	-	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Pendiente relativa máxima del borde de la calzada (Δ P _{max})	m/m	1/100	1/125	1/150	1/175	1/200	1/225	
	%	1,00	0,80	0,67	0,57	0,50	0,44	
Curvatura horizontal Máxima (G _{max})	s = 6 %	0	50° 00'	24° 30'	14° 00'	-	-	-
	s = 10 %	0	-	-	-	10° 30'	5° 30'	3° 20'
Radio horizontal mínimo (R _{min})	s = 6 %	m	22,92	46,77	82,85	-	-	-
	s = 10 %	m	-	-	-	109,14	208,35	343,78
Semi ancho de la calzada carril (a)	m	3,00 2,75	3,00	3,25 3,00	3,50 3,25 3,00	3,50 3,25	3,75	
Ensanche de la calzada (E)	m	(Ver Figura 19, Tablas en Anexo E)						

Esta condición se satisface mediante la selección de una curva de transición con una longitud:

$$L_s \geq \frac{a}{P_{\max}} \times s \quad (\text{m}) \quad \text{y}$$

$$k \leq \frac{20 G_0 \times P_{\max}}{a \times s} \quad \text{ó}$$

$$A \geq \sqrt{\frac{a \times s \times R_0}{P_{\max}}}$$

donde

a: Distancia desde el eje de la carretera hasta el borde del pavimento, incluyendo la mitad del ensanche (m)

P_{max} : Pendiente longitudinal relativa máxima permisible (m/m)

- **Condición óptico - estética**

La longitud de la curva de transición debe de ser tal que el ángulo de desviación (ΔS) del punto de tangencia con la curva circular deberá ser:

$$\Delta S \geq 30$$

Esta condición se satisface con una longitud de la curva de transición:

$$L_s \geq \frac{1}{9} R_0 \quad (\text{m}) \quad \text{y}$$

$$K \leq 0,157 G^2 \quad \text{ó} \quad A \geq \frac{1}{3} R$$

La relación entre la razón de cambio del grado de curvatura k y el parámetro A de las curvas de transición está dado por:

$$K = \frac{22918,4}{A^2}$$

5.2.2.2.3 Selección de las curvas de transición

Las longitudes de las curvas de transición (L_s) deben seleccionarse de manera que satisfagan simultáneamente las condiciones dinámicas y de desarrollo de la superelevación y además, la condición óptico - estética.

Las longitudes de las curvas de transición en ningún caso deben ser menores de $0,6 V_d$.

En las Figuras 7 y 8 y en las Tablas del Anexo B se dan los valores de (L_{smin}) que cumplen con las condiciones dinámicas y de desarrollo de la superelevación y de ($L_s - op$) que además cumplen con la condición óptico-estética.

Para casos especiales la longitud de las curvas de transición se puede calcular mediante las fórmulas expuestas en el Sub Apartado 5.2.2.2.2 y resumidos en la Tabla 9.

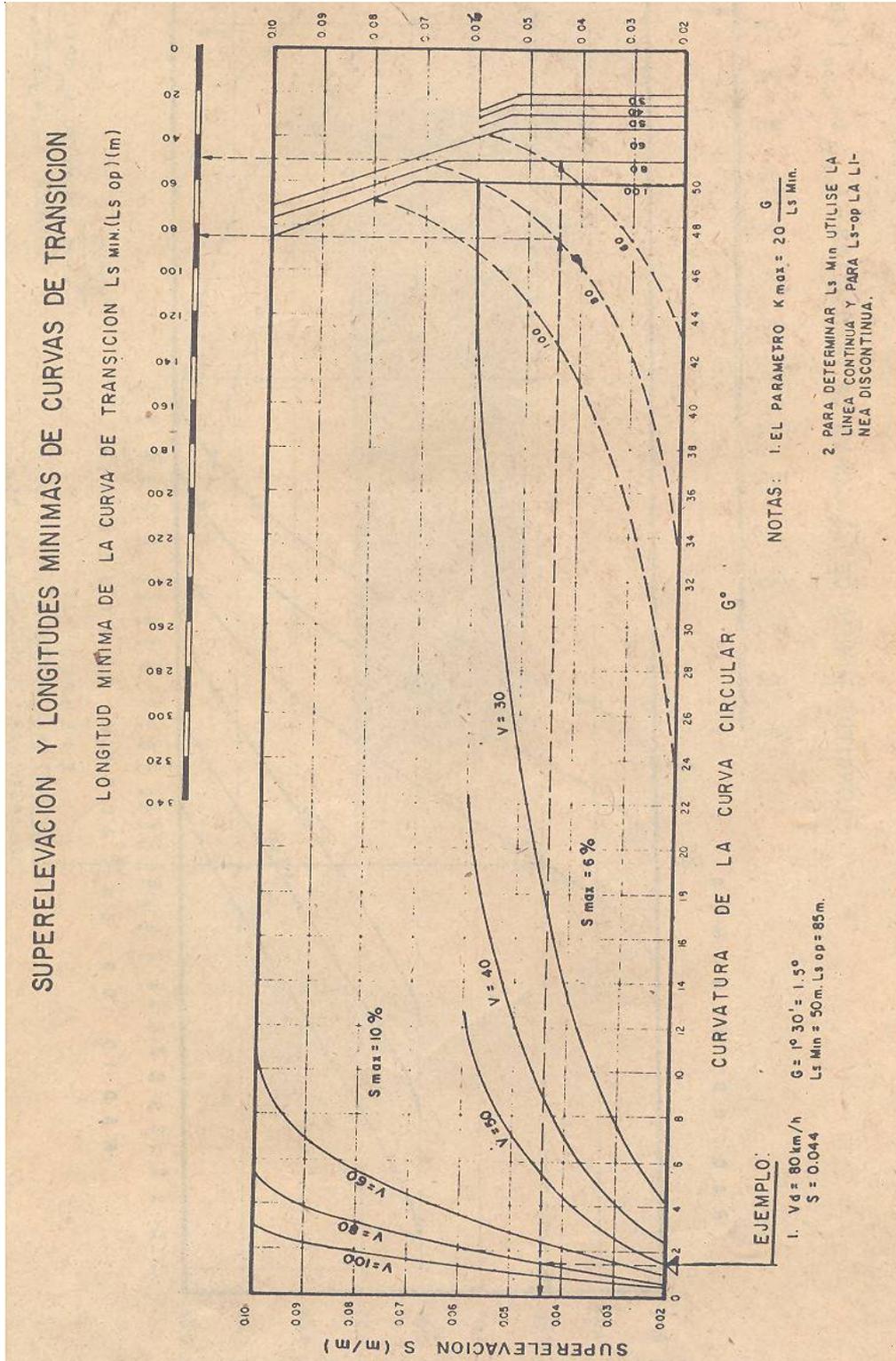


Figura 7 — Superelevación y longitudes mínimas de curvas de transición en función del radio de curvatura (R)

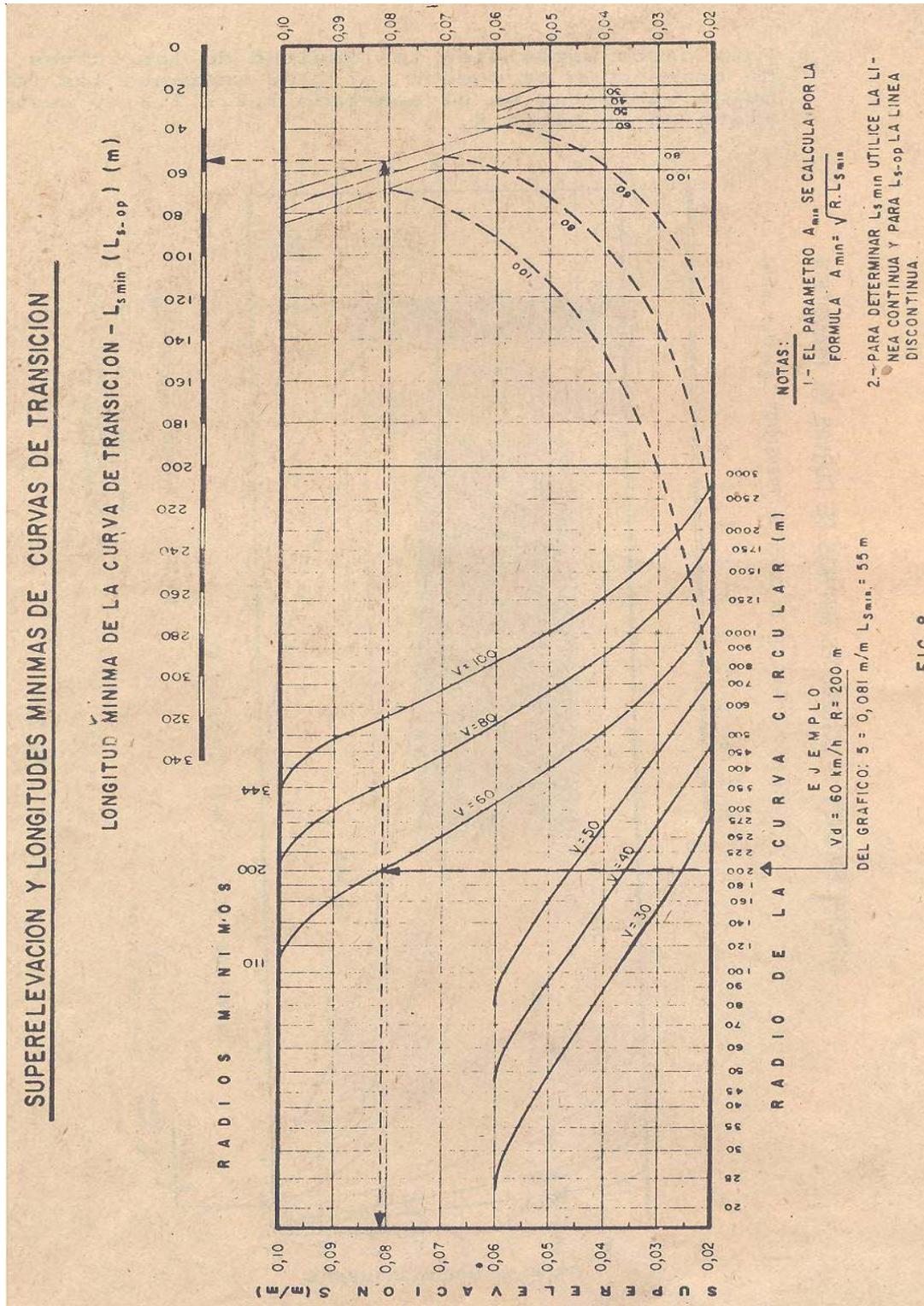


Figura 8 — Superelevación y longitudes de curvas de transición en función del grado de curvatura (G)

Tabla 9 — Fórmulas de trabajo de la curva espiral

Condiciones		Longitud (L_s)	Parámetro A ó k
En función del radio R	Dinámica	$L_s \geq \frac{V d (Vd^2 - 127s)}{47d R}$	$A \geq \sqrt{\frac{VdR (Vd^2 - 127s)}{47d R}}$
	Óptica estética	$\frac{1}{9}R \leq L_s \leq R$	$\frac{1}{3}R \leq A \leq R$
	Desarrollo gradual de la superelevación	$L_s \geq \frac{a \times s}{\Delta p \max}$	$A \geq \sqrt{\frac{a \times s \times R}{\Delta p \max}}$
En función de la curvatura	Dinámica	$L_s \geq \frac{Vd (Vd^2 \times G) - 127s}{47j \ 1146}$	$k \leq \frac{j}{Vd} \times \frac{1077165 G}{Vd2G - 145699s}$
	Óptica estética	$127 \frac{1}{G} \leq L_s \leq 1146 \frac{1}{G}$	$0,0175 G^2 < k \leq 0,157 G^2$
	Desarrollo gradual de la superelevación	$L_s \geq \frac{a \times s}{\Delta p \max}$	$K \leq 20 \frac{\Delta p \max}{a \times s}$
Relaciones		$R = \frac{1145,92}{G}$	$A^2 = \frac{22918,40}{K}$

5.2.2.2.4 Modos de aplicación de las curvas de transición

Para el empleo de las curvas de transición se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- 1) Enlace de dos rectas contiguas por medio de una curva circular (Ver Figura 9).

En este tipo de enlace se emplearán curvas de transición simétricas ($A_1 = A_2$).

El enlace asimétrico ($A_1 \neq A_2$) sólo se utilizará cuando se presenten por dificultades para el trazado

En un caso excepcional se diseñarán curvas formadas solamente por espirales, o sea una curva totalmente transicional, en el punto de unión de ambas curvas el radio tendrá el valor mínimo especificado para la velocidad de diseño (Ver Figura 10).

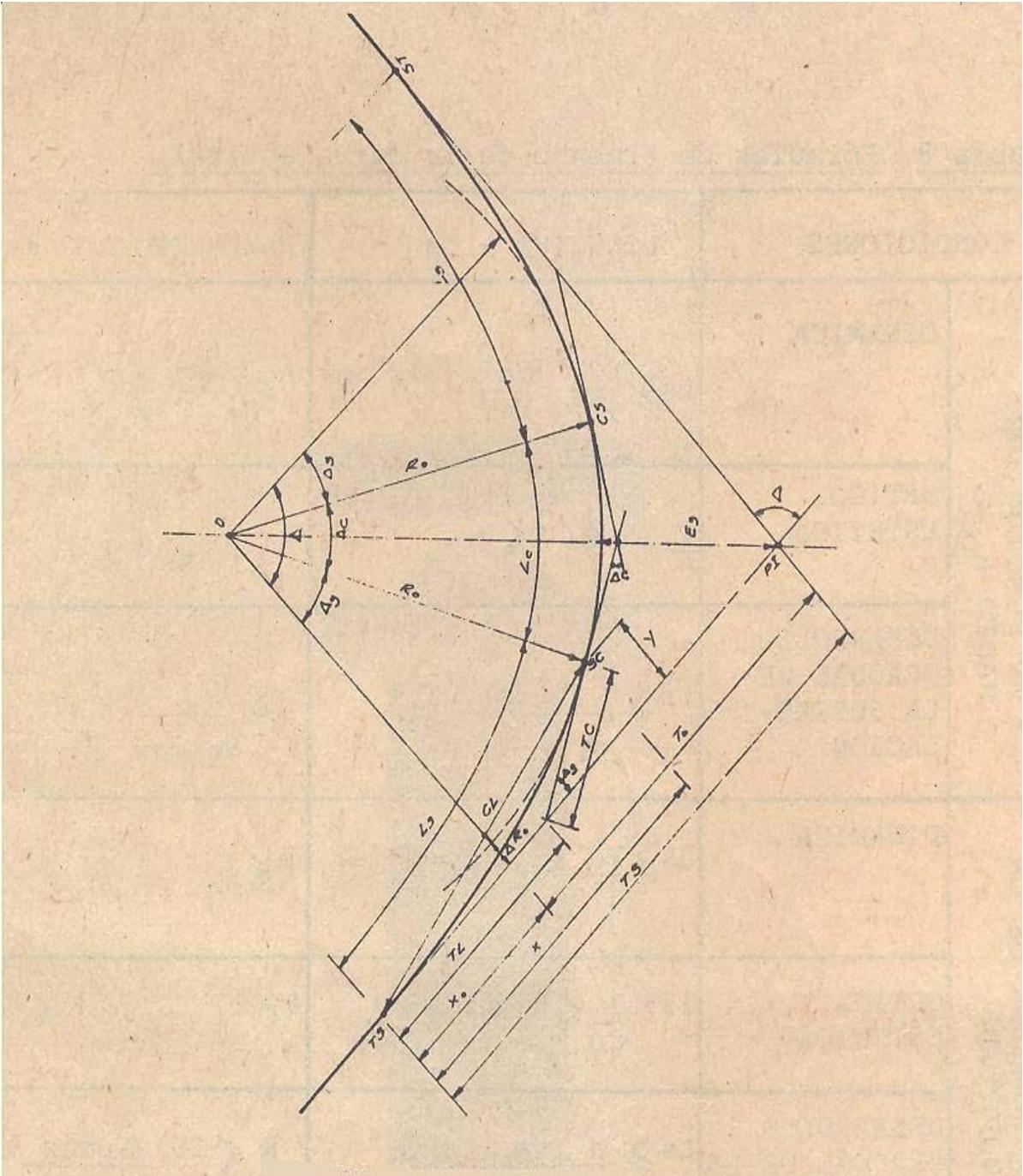


Figura 9 — Alineación con curva circular y curvas de transición

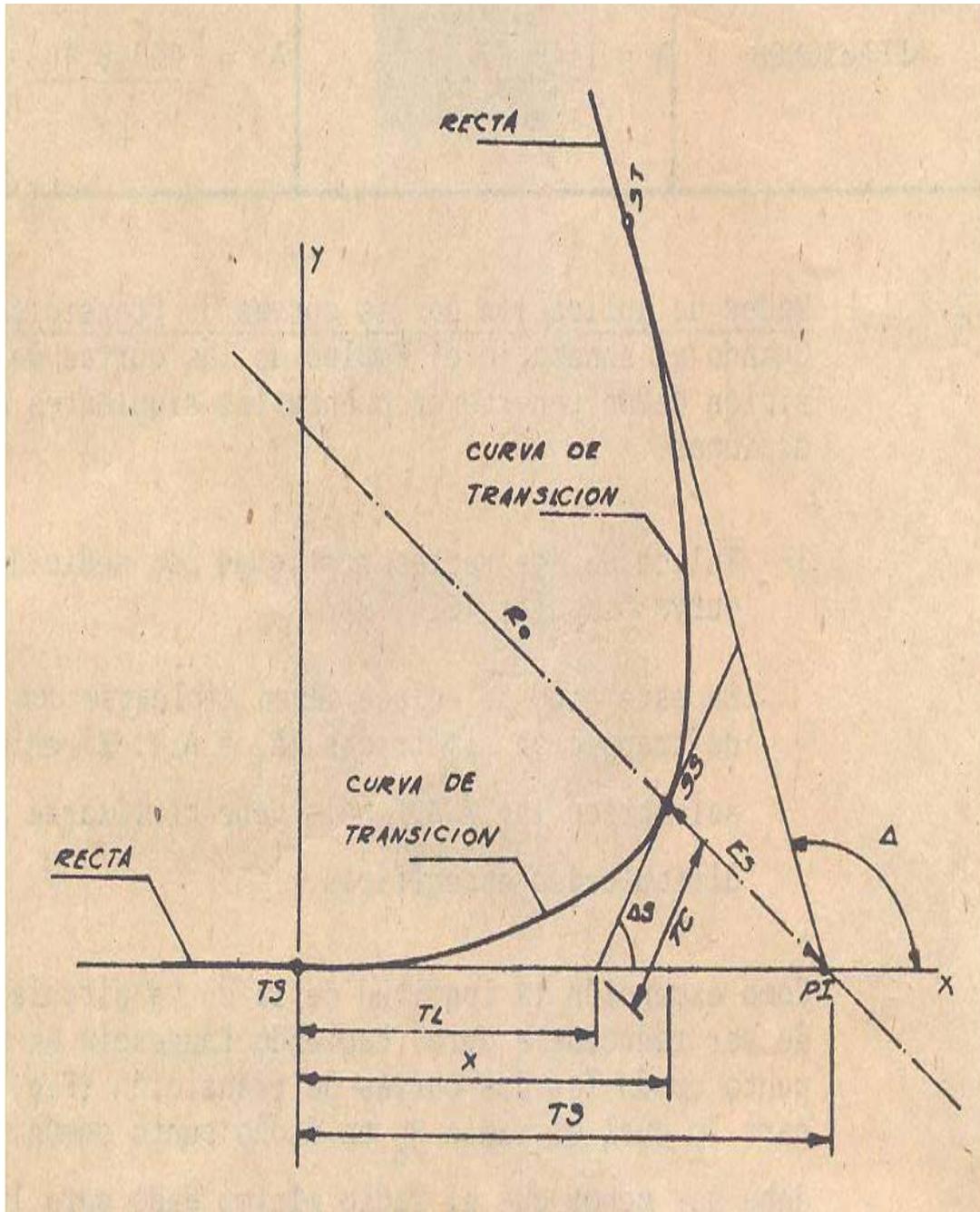


Figura 10 — Alineación con curvas de transición exclusivamente

- 2) Enlace de dos curvas circulares contiguas de sentido contrario (curva reversa) (Ver Figura 11).

Entre dos curvas próximas de sentido contrario si la distancia entre ST_1 y TS_2 de las curvas de transición correspondientes es menor de $2N$ (Ver Sub Apartado 5.4.2.3) se debe eliminar el tramo recto con lo cual se hacen coincidir el ST_1 con el TS_2 en un punto.

Para estos casos cuando $A_1 \neq A_2$ debe cumplirse que $A_1 \leq 2 A_2$.

Para los radios de las curvas circulares contiguas se cumplirán los requisitos de seguridad y estética dados en el Sub Apartado 5.2.2.1 y en la Figura 5

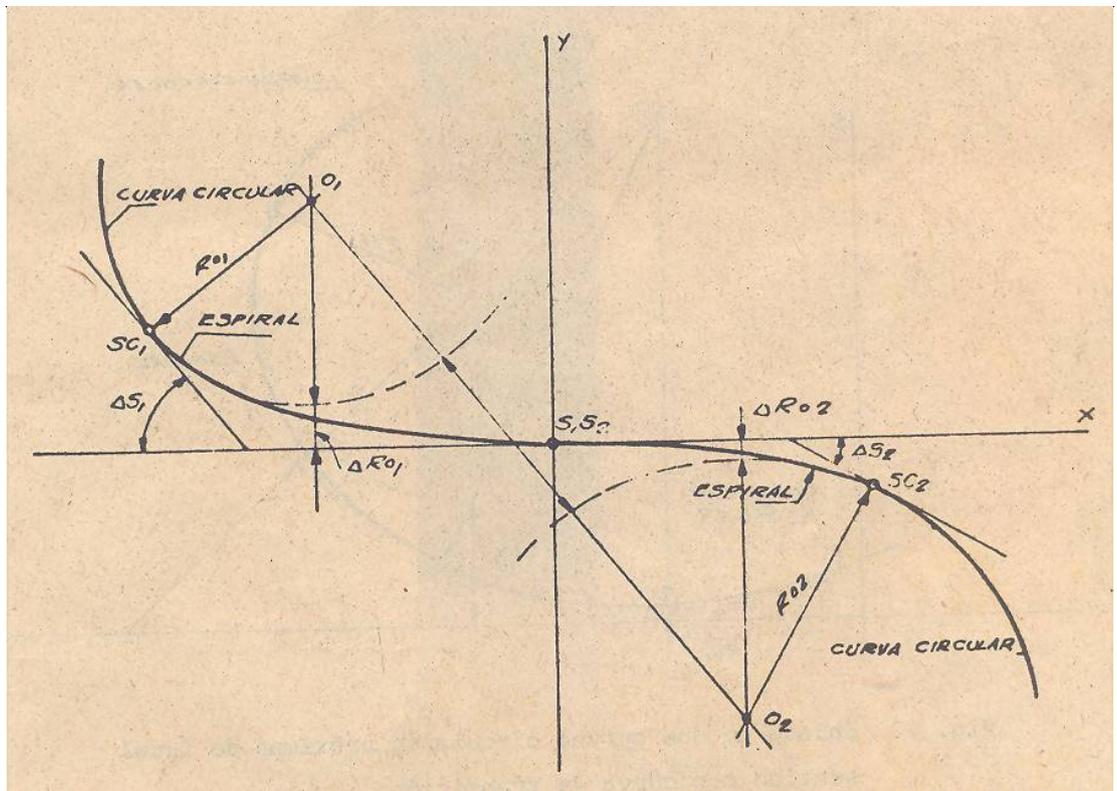


Figura 11 — Enlace de dos curvas circulares próximas de sentidos opuestos con curvas de transición

3) Enlace de dos curvas próximas de igual sentido (Ver Figura 12).

Se diseñará cuando el tramo recto entre las curvas de igual sentido no cumpla con los requisitos del Sub Apartado 5.2.1.2 y la Tabla 5.

En estos casos, el enlace de las dos curvas circulares puede hacerse a través de una curva de transición siempre que se cumpla que:

- Las dos curvas circulares sean de radio diferentes.
- Una de ellas sea interna de la otra.
- No sean concéntricas.

En caso en que las dos curvas circulares se corten o sean exteriores (Ver línea de trazos en la Figura 12), es necesario introducir una tercera curva circular exterior a ambas enlazándose con ellas mediante dos curvas de transición.

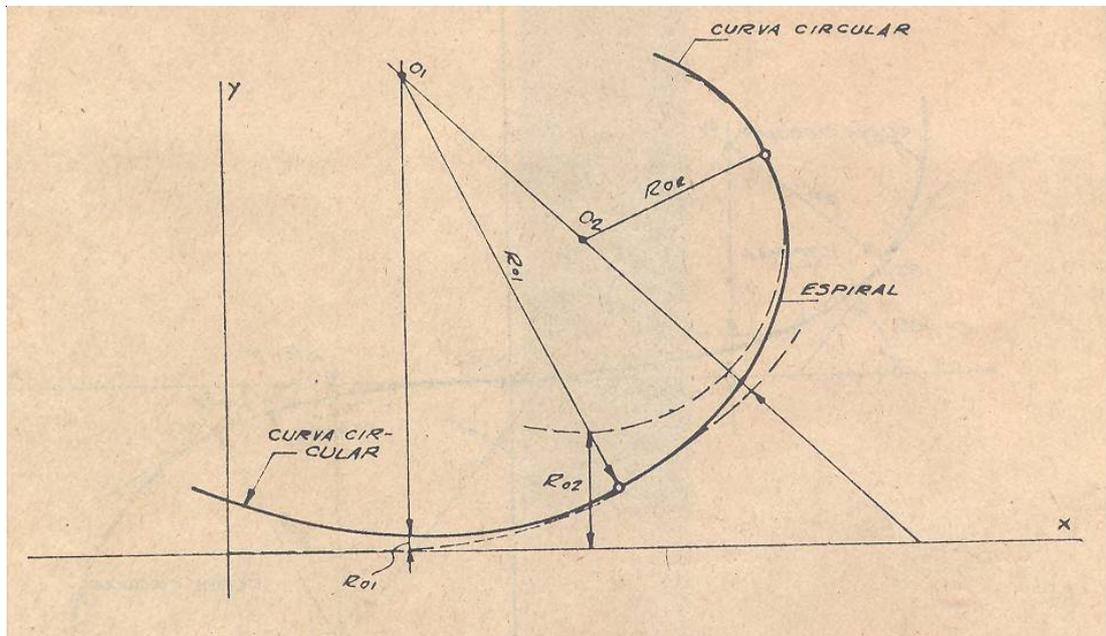


Figura 12 — Enlace de dos curvas circulares próximas de igual sentido con curva de transición

4) Enlace de tramos rectos o curvas circulares con curvas de transición sucesivas.

Este procedimiento se emplea cuando existen puntos obligados a través de los cuales debe pasar el trazado y no es posible realizarlo siguiendo alguno de los métodos anteriores (Ver Figura 13).

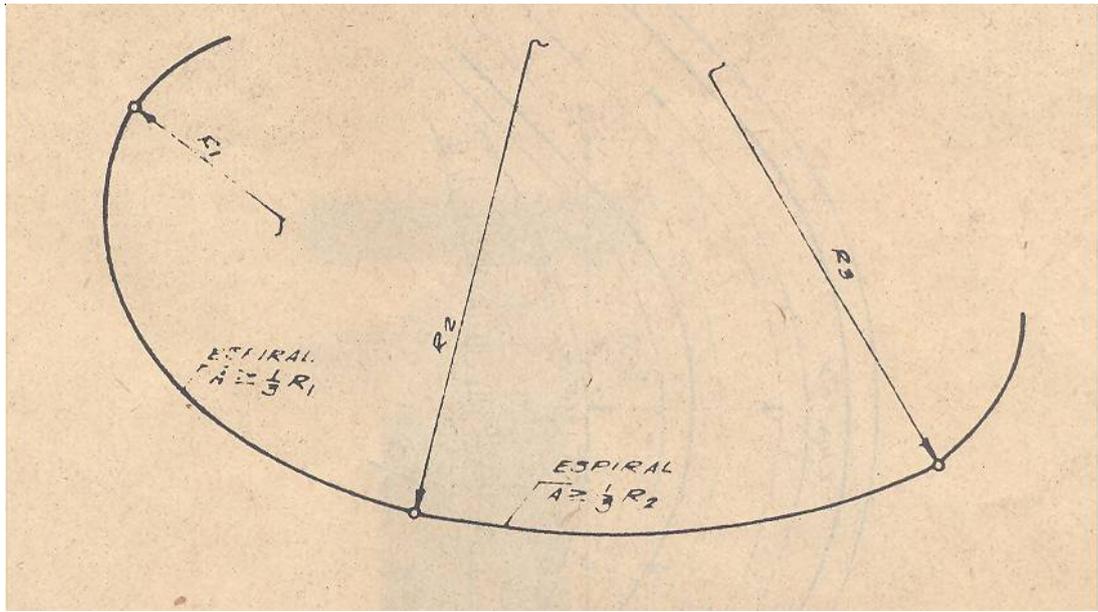


Figura 13 — Enlace de rectas o curvas circulares con curvas de transición sucesivas

5.2.2.3 Visibilidad en curvas horizontales

Las curvas horizontales asegurarán la distancia de visibilidad de parada o segura de frenado (D_p), (Ver Tabla 3), para la velocidad de diseño establecida.

La distancia de visibilidad (Ver Figura 14) se mide por una curva paralela al eje de la carretera situada a 1,50 m del borde interior del carril interior de circulación. El punto de observación está colocado a una altura de 1,14 m encima del pavimento y la visual a esta distancia alcanzará la altura de la superficie del pavimento.

En la zona de visibilidad, obtenida por el método gráfico o por cualquier otro tipo de cálculo, no se permite la ubicación de obstáculos que impidan el aseguramiento de esta distancia.

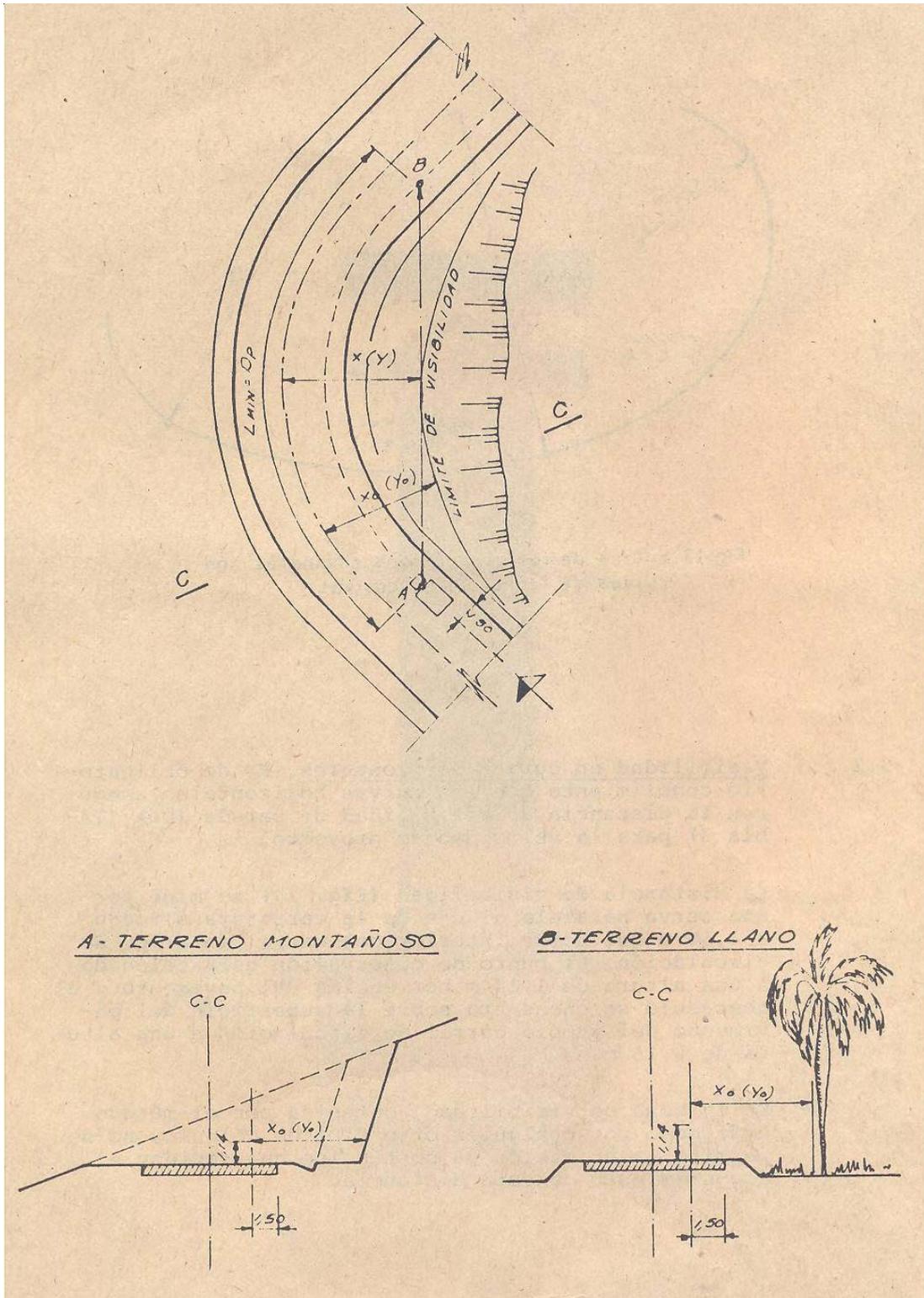


Figura 14 — Visibilidad en curvas horizontales

5.3 Elementos del perfil longitudinal

Los elementos principales del perfil longitudinal son las rectas de la rasante (tangentes): ascendentes (rampa) y descendentes (pendientes) y las curvas verticales.

5.3.1 Pendientes longitudinales máximas

Las pendientes longitudinales máximas permisibles para cada velocidad y tipo de terreno están dadas en la Tabla 10.

Tabla 10 — Pendientes longitudinales máximas

Tipo de terreno	Pendiente longitudinal P_{\max} (%)					
	Velocidad de diseño					
	30	40	50	60	80	100
Llano	-	-	6	5	4	3
Ondulado	-	8	7	6	5	-
Montañoso	12	10	9	8	-	-

En el diseño se evitará el empleo de las pendientes longitudinales máximas solo se emplearán en casos justificados.

Para las velocidades de 30 km/h y 40 km/h en terreno montañoso y bajo una justificación técnica económica, las pendientes longitudinales máximas de la tabla 9 pueden ser aumentadas en un 2 %.

5.3.2 Pendientes longitudinales mínimas

Las pendientes longitudinales mínimas son las siguientes:

- En corte de 0,5 %
- En terraplén se permite hasta el 0 %

5.3.3 Longitudes máximas de pendientes sostenidas

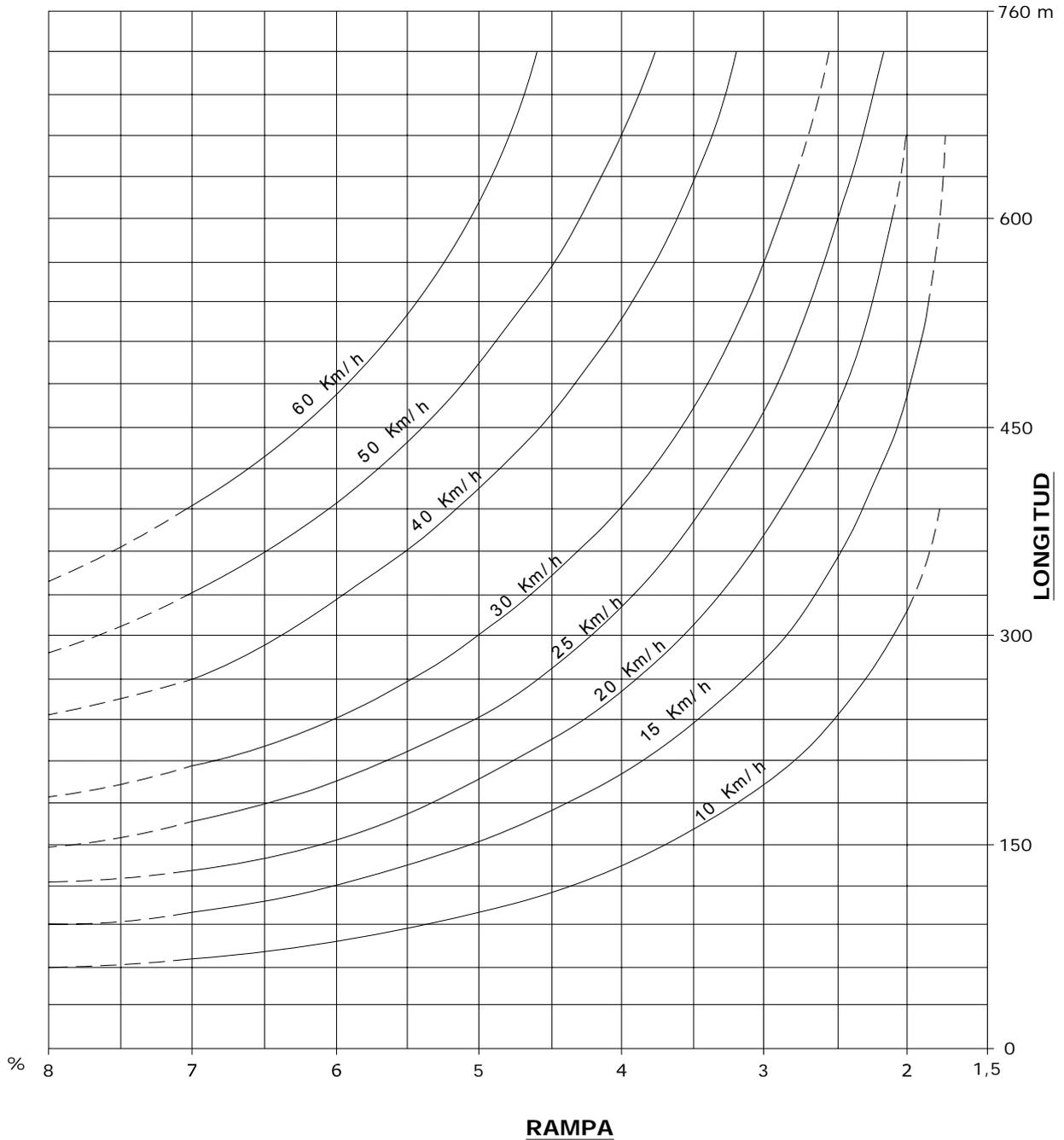


Figura 15 — Disminución de la velocidad en pendientes en ascenso (rampas)

Las longitudes máximas de pendiente, tienen en consideración una reducción razonable de velocidad de 25 km/h (Ver Tabla 10).

Las mismas se han determinado considerando que el acceso de los vehículos a las rampas se efectúa en una rasante casi a nivel (hasta el +1 %). Si las condiciones difieren a las planteadas, sería necesario entonces calcular la velocidad de acceso a la rampa para determinar la longitud máxima de rasante admisible. El empleo de una o varias pendientes, cuya longitud ocasione una reducción de velocidad mayor que 25 km/h, requiere la realización de un análisis, para ver el efecto que sobre la capacidad y el nivel de servicio originan en la vía y para determinar si hay necesidad de añadir un carril de marcha lenta (Ver Figuras 15, 16 y 17)

Donde la condición incluye curvas verticales con rasante del mismo signo y la diferencia algebraica de las mismas no sea grande, se puede tomar la longitud de rasante como la distancia entre los puntos de intersección vertical (PVI). Cuando la condición incluye curvas verticales con rasante de signo contrario; en el caso que la distancia sea grande, se considera una cuarta parte de la curva como parte de la rasante.

La longitud máxima de pendiente se puede determinar con la utilización del diagrama “velocidad - distancia” de las Figuras 16 y 17 que relacionan la velocidad de marcha inicial (V_{\min}) y la final (V_{mf}) y las distancias posibles a recorrer para los distintos valores de pendientes.

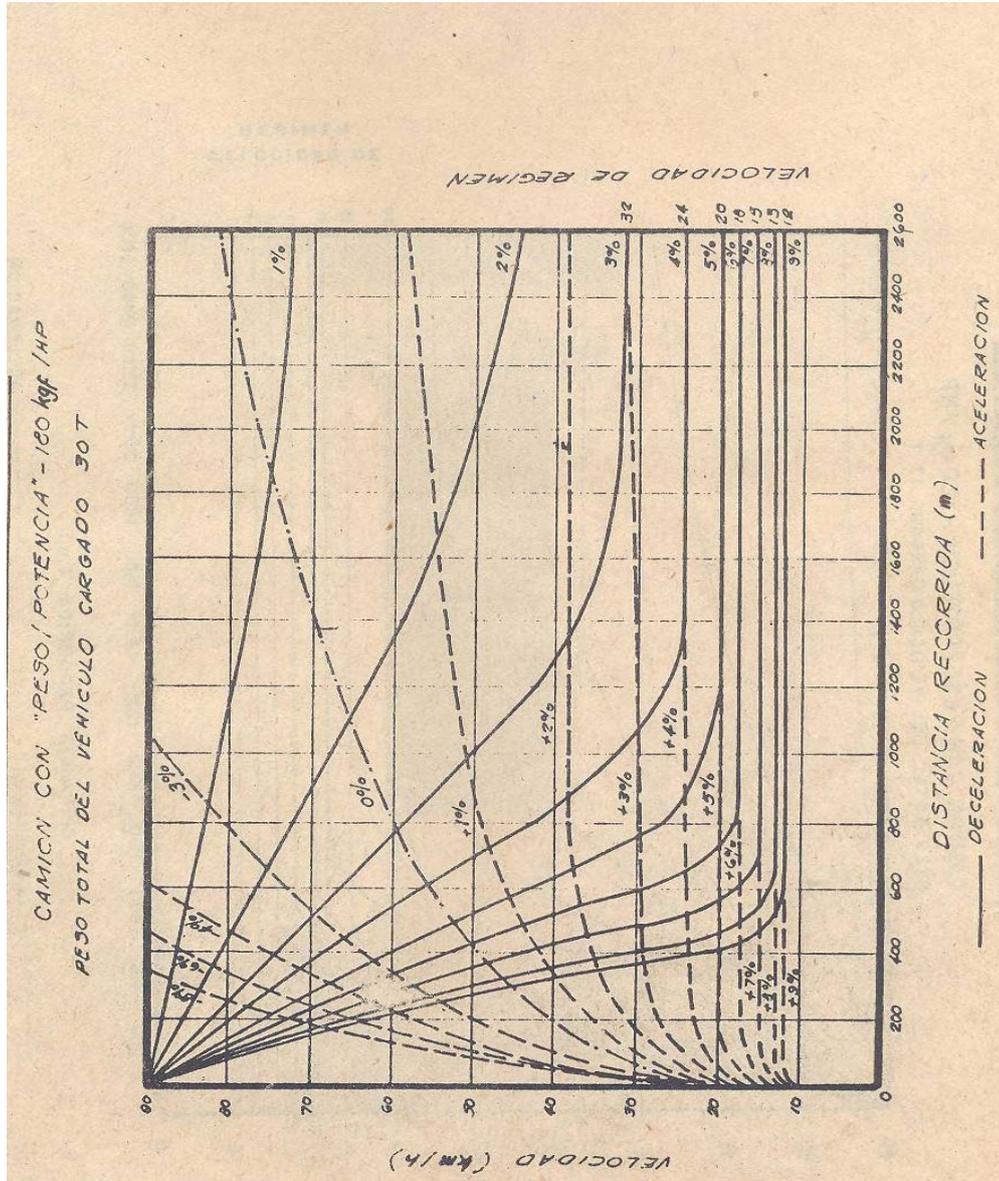


Figura 16 — Diagrama velocidad - distancia
Efecto de las pendientes en la velocidad

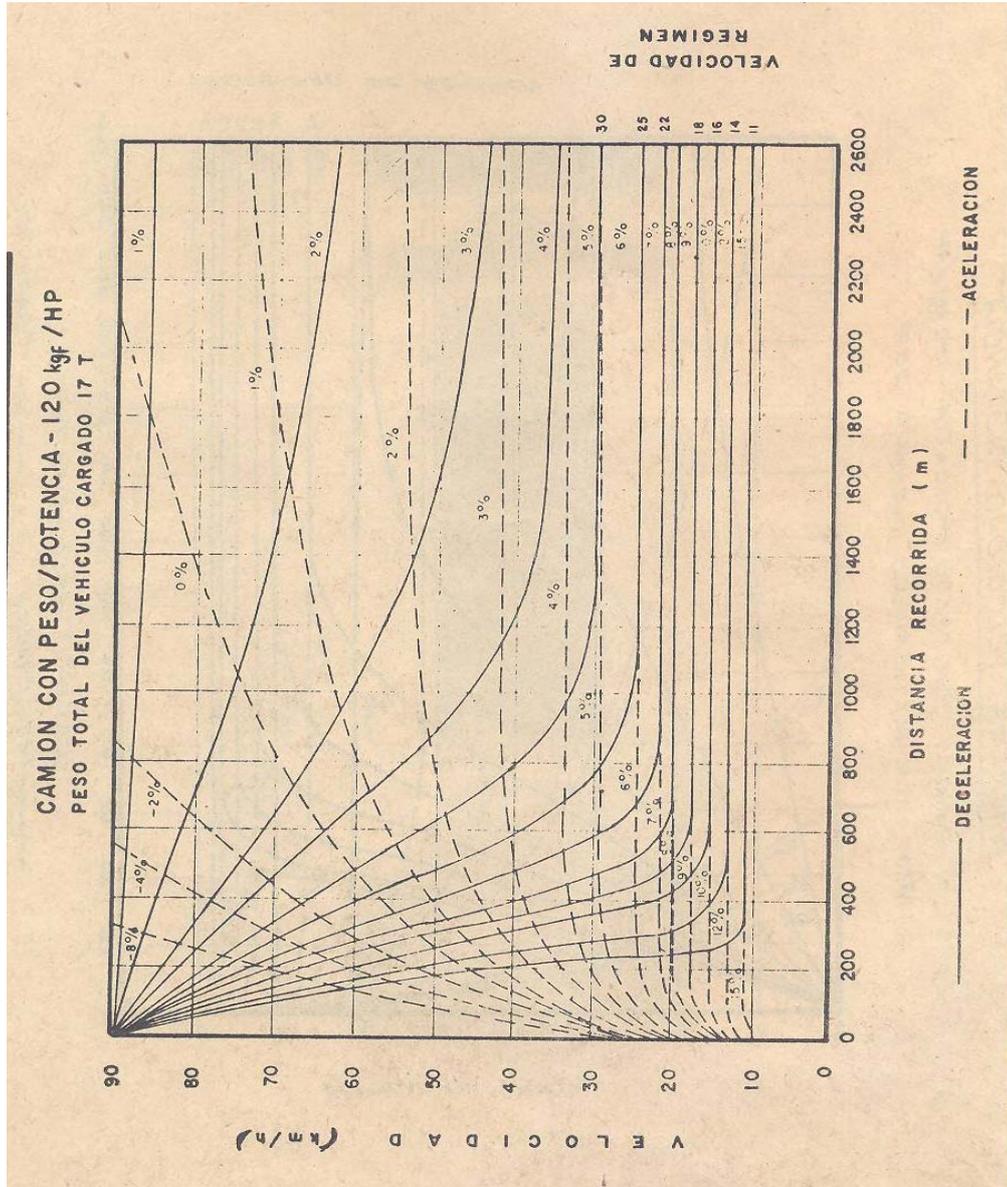


Figura 17 — Diagrama velocidad - distancia
Efectos de las pendientes en la velocidad

5.3.4 Carril de marcha lenta

Cuando se diseñen rampas con valores de pendientes máximos, cuyas longitudes provoquen una reducción en la velocidad de los vehículos pesados de 25 km/h, se diseñará un carril adicional de marcha lenta.

El ancho del carril es de 3,00 m a partir del borde exterior del carril con igual sentido de circulación.

El ensanche para el carril adicional se realiza mediante un tramo de transición anterior y otro posterior, no incluidos en la longitud del carril de marcha lenta.

5.3.5 Curvas verticales

Las curvas verticales garantizan la transición gradual de una pendiente a otra.

Para el diseño de las curvas verticales se utiliza la parábola representada por:

$$Y = \frac{X^2}{200 k}$$

Donde:

x: Abscisa de un punto de la parábola, medida desde uno de sus extremos hacia el centro de la curva vertical (m) (Ver Figura 18)

y: Ordenada del mismo punto (m)

k: Parámetro de la parábola que representa la longitud de curva vertical por unidad de variación de pendiente

$$k = \frac{l}{g}$$

donde

l : Longitud de curva verticales (m)

g : Suma algebraica de las pendientes

k: Longitud en metros por cada un 1 % de variación en la pendiente.

Los elementos principales de la curva vertical se calculan por las formulas:

Longitud: $l = k g$ (m)

Distancia del vértice a la mitad de la curva: $e_v = \frac{gl}{8}$ (m)

Se considerarán positivas las rampas y negativas las pendientes.

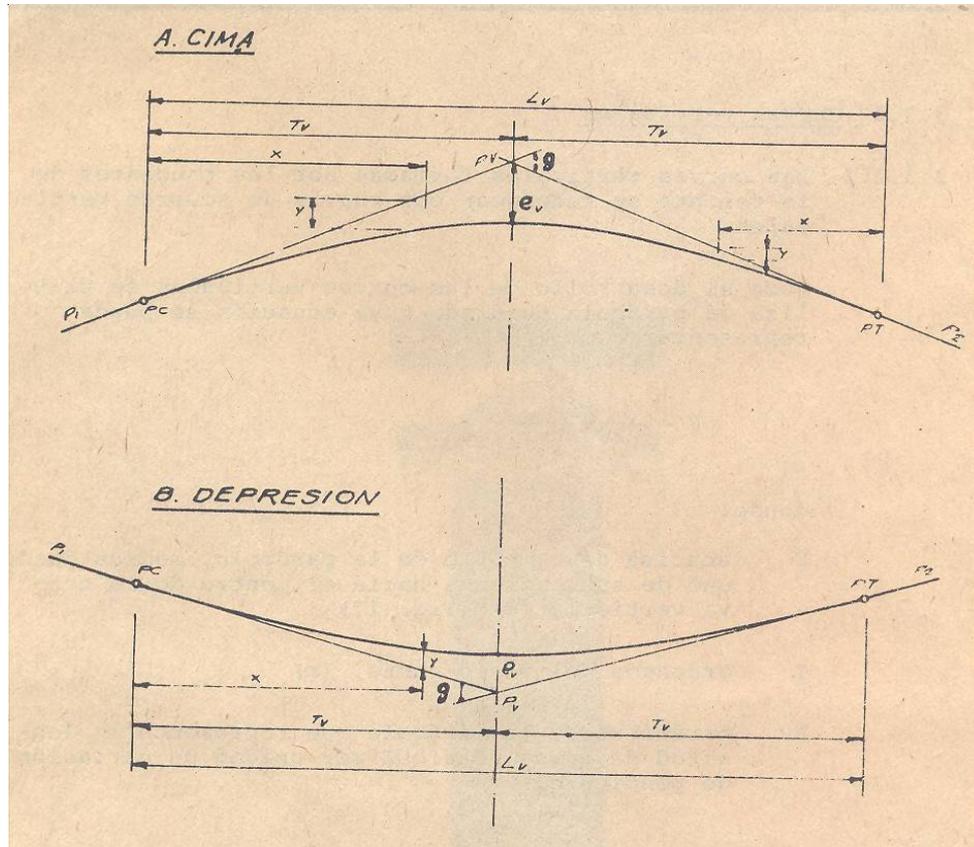


Figura 18 — Curvas verticales

El diseño de las curvas verticales simétricas o asimétricas, cóncavas (en cima) y convexas (en depresión) asegurará la distancia de visibilidad de parada o distancia segura de frenado

Los valores del parámetro k que aseguran una longitud mínima deseable de la curva vertical que satisfacen la distancia de visibilidad de parada o segura de frenado, están en la Tabla 11.

Tabla 11 — Parámetro k de curvas verticales

Para la longitud correspondiente		k					
		30	40	50	60	80	100
En cima	Para las longitudes mínimas deseables	10	10	15	20	50	100
	Para longitudes mínimas absolutas	5	5	10	15	30	60
	Para longitudes de adelantamiento	50	80	120	180	310	490
En depresión	Para longitudes mínimas deseables	10	10	15	20	35	50
	Para longitudes mínimas absolutas	10	10	15	15	25	40
NOTA 1: Se recomienda, siempre que sea posible, proyectar las curvas verticales con parámetros que den longitudes superiores a las mínimas deseables. NOTA 2: Los valores de k correspondientes a las longitudes mínimas absolutas, se deben utilizar solamente en aquellos casos de extrema dificultad topográfica.							

En carreteras de dos carriles es conveniente que se satisfaga la distancia de visibilidad de un vehículo contrario (D_c) y cuando esté es justificado, la distancia de adelantamiento (ver Tabla 3).

Cuando la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes (g) es menor que 0,5 %, no es necesario el proyecto de curva vertical.

Se permite que al final y el comienzo de dos curvas verticales contiguas coincidan en un punto, eliminando la tangente intermedia.

No se diseñarán tangentes cortas entre dos curvas verticales de igual sentido. Las mismas deben sustituirse por una curva vertical mayor o compuesta.

En el Anexo C se dan los valores de las longitudes mínimas deseables y absolutas de las curvas verticales simétricas así como factores que faciliten el cálculo de las ordenadas.

5.4 Elementos de la sección transversal

Los elementos principales de la sección transversal de una carretera son los siguientes (Ver Figura 19):

- 1) Faja de emplazamiento
- 2) Franjas de servicios o faja de servidumbre
- 3) Cuerpo de la carretera
- 4) Corona
- 5) Calzada
- 6) Carril
- 7) Paseos

- 8) Carril de emergencia
- 9) Bandas de reforzamiento del pavimento
- 10) Taludes y contrataludes
- 11) Cunetas de drenajes
- 12) Defensas
- 13) Cercas de protección (Ver Anexo D)

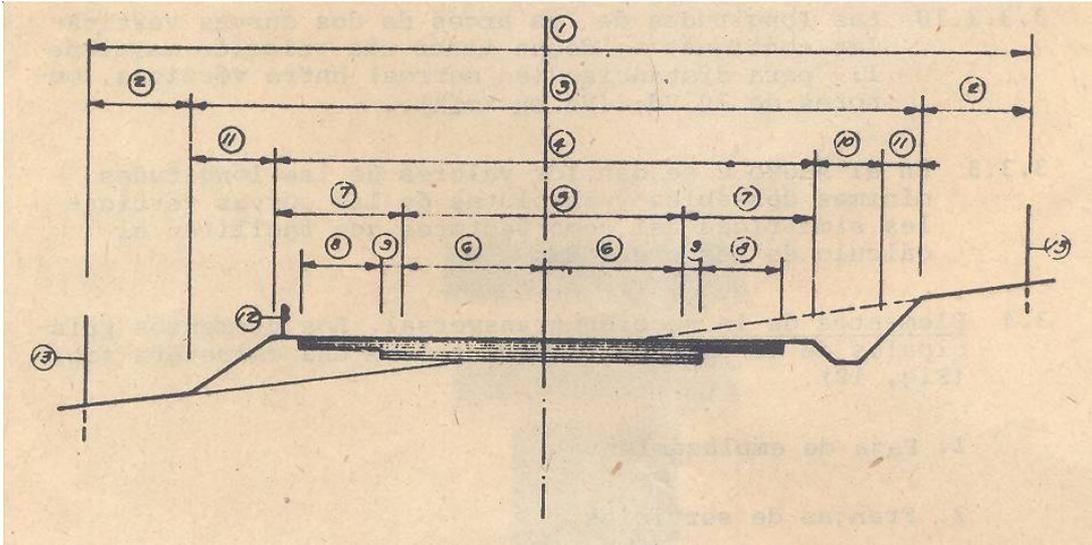


Figura 19 — Elementos de la sección transversal

5.4.1 Sección transversal en recta

5.4.1.1 Faja de emplazamiento

Es la faja del terreno en la cual están situados todos los elementos de la carretera, tales como carriles pavimentados o no, paseos pavimentados o no obras de fábrica mayores y menores, defensas, señales horizontales y verticales, balizas, captafaros, intersecciones e intercambios, cercas de protección, y otros

La faja de emplazamiento es la utilizada para la construcción y la conservación de la carretera.

La faja tendrá un ancho uniforme a todo lo largo del trazado directo, aunque por condiciones topográficas, alturas de terraplenes, excavaciones profundas, obras de fábrica y otros, el ancho puede variar por tramos. El ancho mínimo de la faja de emplazamiento se obtiene como suma del ancho del cuerpo de la carretera y las franjas de

Se mantendrá una separación mínima de 3,0 m con relación al borde de la base “pie” de talud, contratalud o al borde exterior de la obra de drenaje más apartada de la vía, para excavaciones y terraplenes menores que 6,0 m de altura y 1,0 m para alturas mayores. Cuando el borde interior de la obra de drenaje queda a más de 5,0 m del borde de la base “pie” de talud o contratalud, dicha obra de drenaje se dejará fuera de la faja de emplazamiento.

.5.4.1.2 Fajas de servidumbre

Están ubicadas a ambos lados de la faja de emplazamiento de la carretera y están destinadas para el mantenimiento, ubicación de obras de comunicaciones y otras relacionadas con la explotación de la carretera.

El ancho mínimo de las fajas de servidumbre será de 3,00 m, medido desde la cerca de protección.

Si el borde interior del talud de cunetas, canales o cualquier otra obra de drenaje está situado a más de 5,00 m del pie de talud o contratalud, estas obras se ubicarán fuera de la faja de emplazamiento de la carretera, o sea en la faja de servidumbre

Las cunetas de guardia o intercepciones pueden estar fuera de las franjas de servicios.

5.4.1.3 Cuerpo de la carretera

Comprende el ancho de la carretera entre los bordes de los contratalud, pie de talud o bordes exteriores de los taludes de las cunetas de drenaje. Su ancho total depende del tipo de terreno y de la categoría de la carretera.

5.4.1.4 Corona

Abarca el ancho de la carretera comprendida entre los bordes exteriores de los paseos. Depende de la categoría de la carretera y del tipo de terreno y están dadas en la Tabla 5 y las Figuras 3a y 3b.

5.4.1.5 Calzada

Representa la parte pavimentada de la corona de la carretera, destinada a la circulación de los vehículos. Tiene un ancho igual a la suma de los anchos de los carriles.

5.4.1.6 Carril

Representa la franja de la calzada destinada al tránsito de los vehículos por sentido de circulación.

En esta Norma Cubana se tratan solo las carreteras de dos carriles. Su ancho se puede seleccionar en función de la categoría de la carretera y del tipo de terreno (Ver Tabla 5). Su ancho máximo es de 3,75 m y el mínimo es de 3,00 m. En condiciones montañosas difíciles para las carreteras de categoría IV y donde se espera poca intensidad de tránsito el ancho del carril se puede reducir a 2,75 m.

5.4.1.7 Paseos

Son las franjas laterales en ambos lados de la calzada destinados a servir como carril de emergencia y para la detención de los vehículos proporcionando seguridad al tránsito.

El ancho de los paseos depende de la categoría de carretera y tipo de terreno (Ver Tabla 5), su ancho mínimo es de 1,00 m. En terrenos montañosos para la categoría IV puede reducirse a 0,75 m.

En los tramos donde sea necesaria la colocación de defensas, el ancho del paseo se incrementa en 0,50 m.

5.4.1.8 Bandas de reforzamiento del pavimento

Están situadas a ambos lados de la calzada, formando parte del paseo y su función es la de mantener la estabilidad del pavimento en los carriles de circulación.

Se puede construir de hormigón asfáltico como una prolongación de la estructura del pavimento, o como un bordillo de hormigón hidráulico. Su ancho depende de la categoría de la carretera (Ver Figuras 3a y 3b) y sobre la misma se pintan las líneas delimitadoras de calzadas.

5.4.1.9 Cunetas de drenaje

Colocadas a ambos lados de la corona donde sean necesarias, están destinadas a la evacuación de las aguas, tanto superficiales, como subterráneas, mediante drenes que desembocan en las mismas.

La invertida de las cunetas nunca estará a menos de 0,30 por debajo de la línea de la subrasante en su intersección con la línea del talud de la misma.

5.4.1.10 Taludes y contrataludes

Son los perfiles de los terraplenes y las excavaciones, determinándose las siguientes inclinaciones:

Para las carreteras categorías I y II, si la altura de terraplén es menor de 3,00 m se usarán inclinaciones de 4:1 y en terrenos montañosos 3:1 (Horizontal y Vertical).

Si la altura del terraplén es mayor de 3,00 m, se usarán inclinaciones de 2:1 y en terreno montañosos de 1,5:1

Para las carreteras categorías III y IV y para cualquier altura de terraplén la inclinación de los taludes será de 2:1 y es terreno montañoso de 1,5:1

Para los contrataludes la inclinación de los mismos dependerá de las características geotécnicas de los suelos, adoptándose la que recomienden las investigaciones ingeniero - geológicas realizadas al efecto.

5.4.1.11 Defensas

Son los elementos destinados para evitar el despiste de un vehículo y procurar que este se mantenga sobre la corona de la carretera, pueden ser metálicas o de hormigón y se colocarán en todas las categorías de carreteras cuando los terraplenes sean mayores de 3,00 m o sus taludes tengan pendientes mas inclinadas que 3:1, también serán colocadas antes y después de puentes, pasos y obras de fábricas menores en este caso se colocarán 45 m antes y 15,0 m después de las mismas en el sentido de la circulación.

5.4.1.12 Cercas de protección

Están destinadas para proteger el tránsito de las carreteras de la entrada en la faja de emplazamiento, de animales, vehículos agropecuarios u otros que representen un peligro para la circulación.

Se colocan, limitando la faja de emplazamiento, a uno a ambos lados y a todo lo largo de las carreteras, excepto en los pasos superiores e inferiores, puentes, pasos para peatones, pasos para ganado.

Los tipos de cerca a utilizar serán los siguientes:

- Cerca de malla de acero de tejido eslabonado simple cuadrado, de 1,50 m y 1,80 m de altura, sin protección de alambre entorchado con púas.
- Cerca de alambre entorchado con púas, con postes de hormigón de 4 y 7 hilos de 1,50 m de altura.

En el Anexo D se muestran los tipos de cercas con sus dimensiones.

5.4.1.13 Pendientes transversales de los distintos elementos de la sección

Se proyectan de forma tal de garantizar una rápida evacuación de las aguas superficiales y que sean seguras para el tránsito.

La zona pavimentada de la corona de la carretera que incluye la calzada y las bandas de seguridad se proyectan para una pendiente con bombeo del 2% en pavimentos asfálticos y del 1,5 % en pavimentos de hormigón hidráulico.

En terrenos montañosos cuando por motivos técnicos sea beneficioso y de modo excepcional, la corona puede proyectarse en sección recta con el 2 % de pendiente.

Los paseos se proyectarán con una pendiente de:

- 4 % Pavimentados con mezcla asfáltica (carril de emergencia)
- 6 % Estabilizado con asfalto, cemento o con tratamiento superficial
- 8 % Césped o mejoramiento.

5.4.2 Sección transversal en curvas

La sección transversal de la carretera en las curvas horizontales conserva su forma general como recta, modificándose su dimensión y sus pendientes en función del valor del radio de la curva circular.

5.4.2.1 Ensanche de la calzada

El ensanche de la calzada (E) en las curvas para una carretera de dos carriles, está en dependencia de la velocidad de diseño, del ancho de la calzada en tangente y del valor del radio o curvatura de la curva circular. El valor del ensanche se puede determinar mediante el gráfico de la Figura 20. Los valores se redondean a la décima superior. El valor mínimo a aplicar será de 0,30 m.

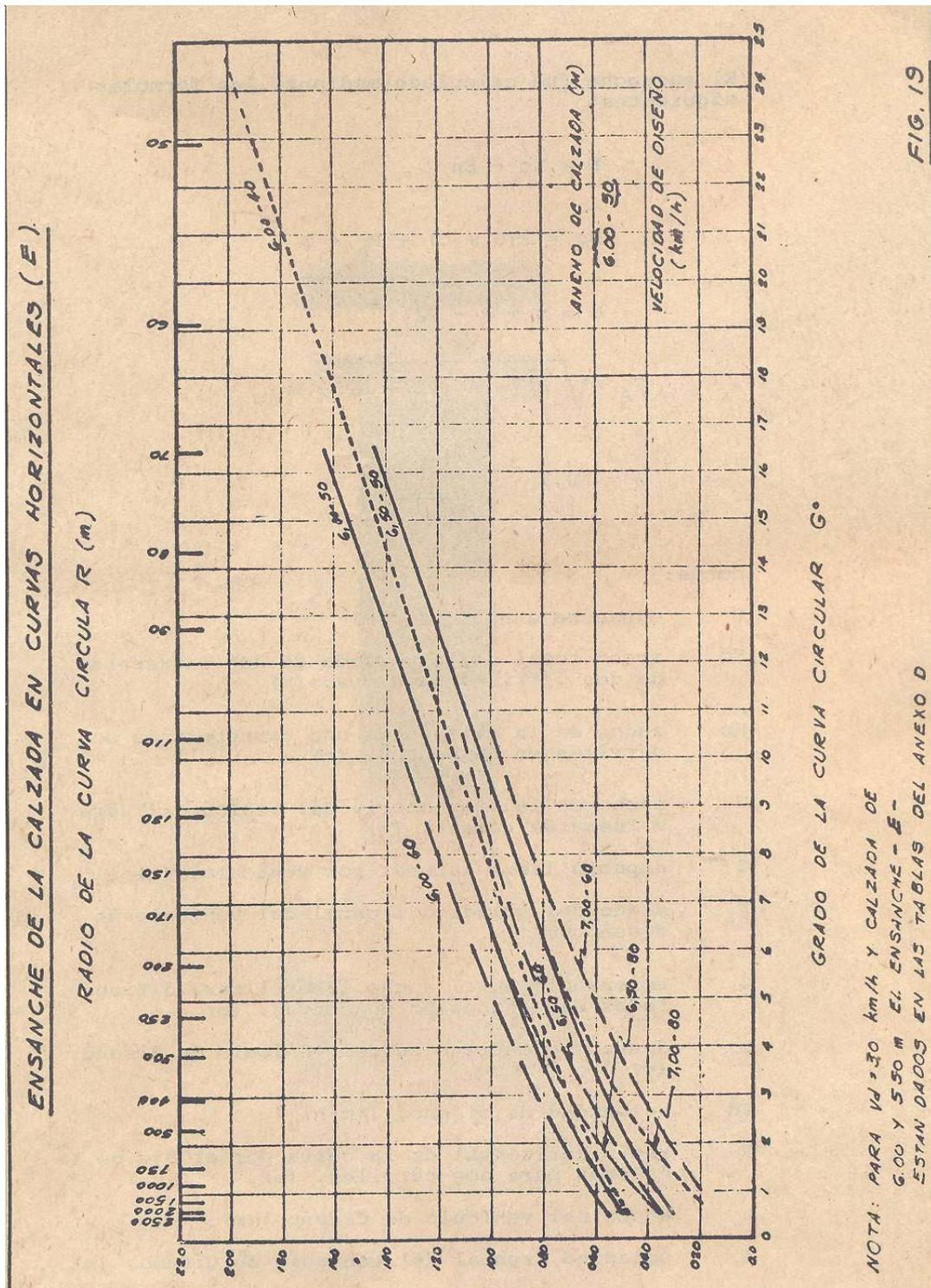


Figura 20 — Ensanche de la calzada en curvas horizontales (E)

El ensanche fue calculado mediante las formulas siguientes:

$$E = E_c - E_n$$

$$E_c = 2 (U+C) + F_A + Z$$

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

$$Z = 0,1 \frac{V_d}{\sqrt{R}}$$

donde

E: Ensanche a aplicar (m)

E_c: Ancho total de la calzada de una carretera de dos carriles en curva (m)

E_n: Ancho de la calzada de una carretera de dos carriles en tangentes (m)

U: Ancho de la trayectoria del vehículo (fuera a fuera de gomas) (m)

C: Espacio libre lateral por vehículo (m)

F_A: Ancho del voladizo frontal del vehículo de diseño (m)

Z: Tolerancia en el ancho lateral para dificultades de conducción en curvas (m)

L: Distancia entre ejes del vehículo de diseño (m)

V_d: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio horizontal de la curva por el eje de la calzada para dos carriles (m)

u: Ancho del vehículo de diseño (m)

A: Voladizo frontal del vehículo de diseño (m)

Se ha asumido para C los valores siguientes:

Ancho de la calzada (m)	Valor de C (m)
5,50	0,45
6,00	0,60
6,50	0,75
7,00	0,90

Se ha asumido un vehículo de diseño promedio, con las siguientes dimensiones:

Longitud total	l = 9,15 m
Ancho	u = 2,59 m
Voladizo frontal	A = 1,22 m
Distancia entre ejes	L = 6,10 m

En el Anexo E se dan tablas con los valores de ensanches más utilizados para las distintas velocidades y anchos de calzada.

En los casos en que en el paseo no esté previsto carril de emergencia y no afecte la visibilidad, el ensanche puede ser tomado a base de reducir el paseo hasta 1,50 m. En los otros casos se tomará ampliada la corona de la carretera.

El ensanche de la calzada se realizará íntegramente por la parte interior de la curva. En condiciones difíciles del terreno puede ejecutarse por ambos lados.

Cuando el ensanche se hace a partes iguales por ambos lados de la calzada, el retranqueo (o), de la curva circular debe ser:

$$o \geq \frac{E}{2}$$

Si esta condición no puede ser satisfecha con una selección adecuada de una curva de transición, entonces la parte exterior de la calzada se ensancha hasta la dimensión (E - o) se hace por la parte interior.

El desarrollo del ensanche hasta su valor total al comienzo de la curva circular, se realiza a lo largo de la curva de transición (L_s).

El borde del pavimento a lo largo del desarrollo del ensanche debe ser suave y sin quebradas (Ver Figura 21) para lo cual el valor del ensanche (E_x) en cualquier punto del tramo de transición se calcula por la fórmula:

$$E_x = \mathcal{E}_x \cdot E \quad (\text{m})$$

donde

E_x : Ensanche de la calzada en el punto x, que se encuentra a una distancia L_x del inicio del tramo (m)

E: Ensanche total en la curva circular (m)

\mathcal{E}_x : Coeficiente que se obtiene de la Tabla 12 a partir de λ , \mathcal{E}_x se obtiene mediante interpolación lineal.

Tabla 12 — Valores de ξ_x

$\lambda = \frac{Lx}{L_s}$	ξ_x	$\lambda = \frac{Lx}{L_s}$	ξ_x
0,05	0,0005	0,55	0,6355
0,10	0,0040	0,60	0,7440
0,15	0,0135	0,65	0,8285
0,20	0,0320	0,70	0,8920
0,25	0,0625	0,75	0,9375
0,30	0,1080	0,80	0,9680
0,35	0,1715	0,85	0,9865
0,40	0,2560	0,90	0,9960
0,45	0,3645	0,95	0,9995
0,50	0,5000	1,00	1,0000

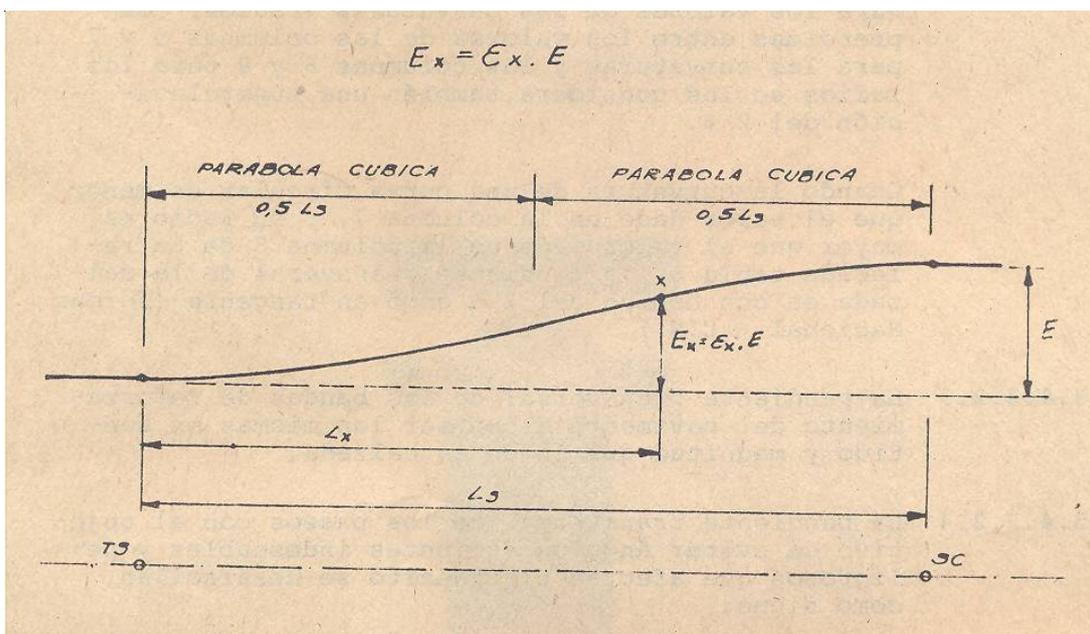


Figura 21 — Desarrollo del ensanche de la calzada

Para calzadas de 7,50 m de ancho no se requiere ensanche.

5.4.2.2 Superelevación

La superelevación de la calzada en las curvas circulares depende de la curvatura (radio) y la velocidad de diseño de la carretera. Esta se puede determinar mediante el gráfico de las Figuras 7 y 8, o las Tablas del Anexo B, que para las curvaturas máximas responden a la fórmula dada en el Sub Apartado 5.2.1.2.

La superelevación máxima ($S_{m\acute{a}x}$ entre 6 % y 10 %) corresponde a las curvaturas (radios) de las columnas 5 y 6 de la Tabla 7.

La superelevación máxima ($S_{m\acute{a}x}$ entre 6 % y 10 %), corresponde a las curvaturas (radios) de las columnas 3 y 4 de la Tabla 7.

La superelevación mínima ($S_{m\acute{i}n} = 2 \%$), corona superelevada, corresponde a las curvaturas (radios) de las columnas 5 y 6 de la Tabla 7

Los valores de las curvaturas (radios) dados en las columnas 5, 6, 7 y 8 se les considerará también una superelevación del 2 %, corona superelevada

Cuando la curvatura de una curva circular es menor que el valor dado en la columna 7 o su radio es mayor que el valor dado en la columna 8 de la referida Tabla 7, la pendiente transversal de la calzada mantendrá el bombeo del 2 % como en tangente (Corona Normal - C.N.).

La pendiente transversal de las bandas de reforzamiento del pavimento deben ser las mismas en sentido y magnitud que la de la calzada.

La pendiente transversal de los paseos evitará ángulos salientes indeseables y peligrosos que afecten el tránsito, en el diseño se procederá de la manera siguiente:

1- El paseo interior conserva su pendiente, como en tangente, mientras ésta sea igual o mayor que la pendiente de la calzada en las curvas. Cuando la superelevación de la calzada es mayor que la pendiente del paseo, en tangente, éste toma el valor de la superelevación, formando con la calzada un plano inclinado con el mismo valor de pendiente.

2- El paseo exterior conserva el sentido y magnitud de su pendiente transversal hasta aquella sección en la cual la suma de su valor absoluto y el de la superelevación de la calzada sea igual al 7 % (Ver Figura 22 A)

Para una diferencia mayor que este valor, el paseo va perdiendo pendiente negativa en la misma proporción que la calzada la va ganando positiva, hasta que el paseo tiene una pendiente de - 4%.

En esta situación, cuando el ancho del paseo es mayor de 1,50 m (Ver Figura 22 B), el mismo se queda con pendiente - 4% hasta el final de la superelevación, y la quebrada se redondea con una curva vertical de 1,00 m de largo, situada completamente en el paseo. Cuando el paseo es menor de 1,50 m (Ver Figura 22 C), éste sigue subiendo hasta alcanzar la misma pendiente de la calzada al final de la superelevación formando un plano inclinado con ésta.

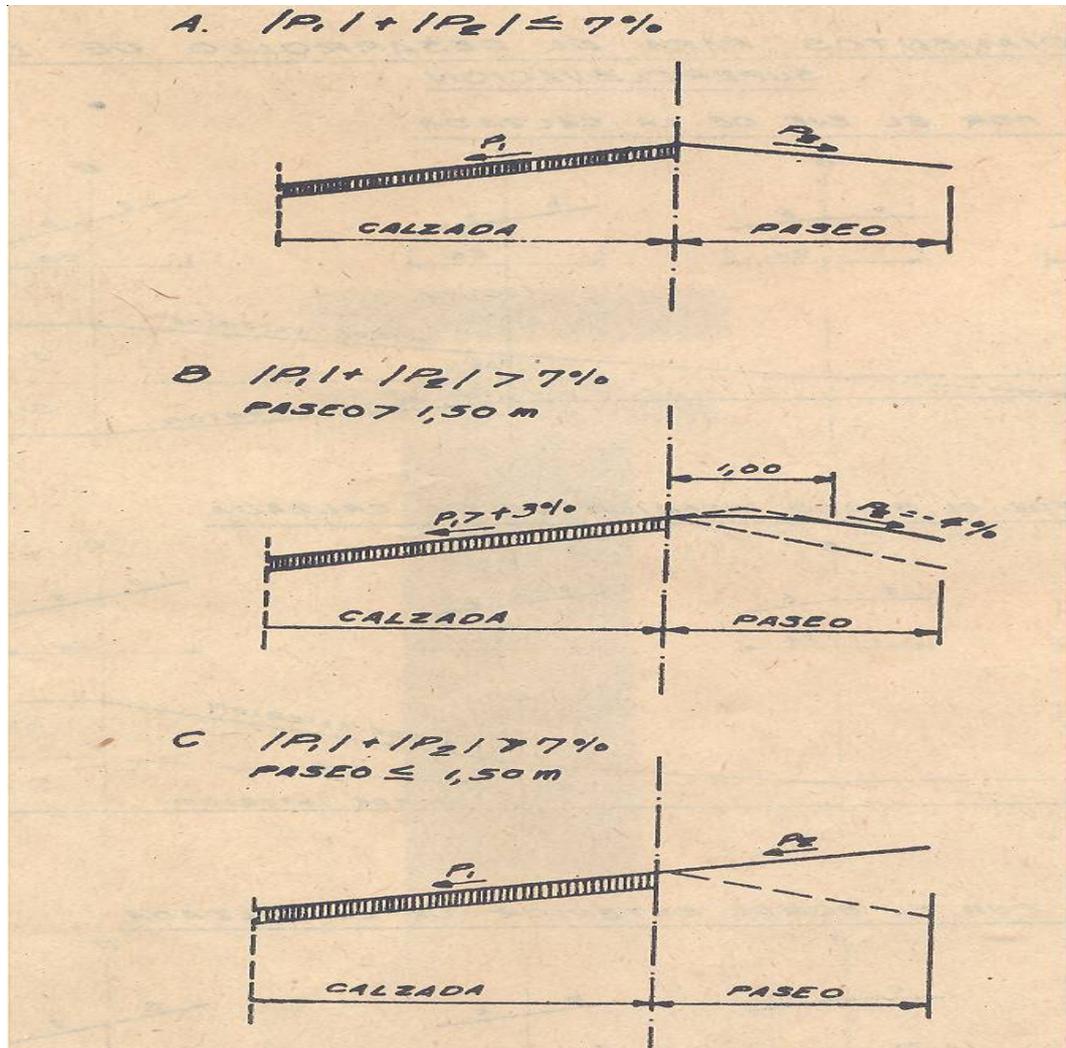


Figura 22 (A, B, C) — Pendiente transversal del paseo exterior en curvas

5.4.2.3 Desarrollo de la superelevación

El desarrollo de la superelevación desde una sección en bombeo en la tangente, a una sección con la superelevación máxima de la curva circular, se realiza en una longitud formada por un segmento N en la tangente y la longitud (L_s) de la curva de transición (Ver Figura 23).

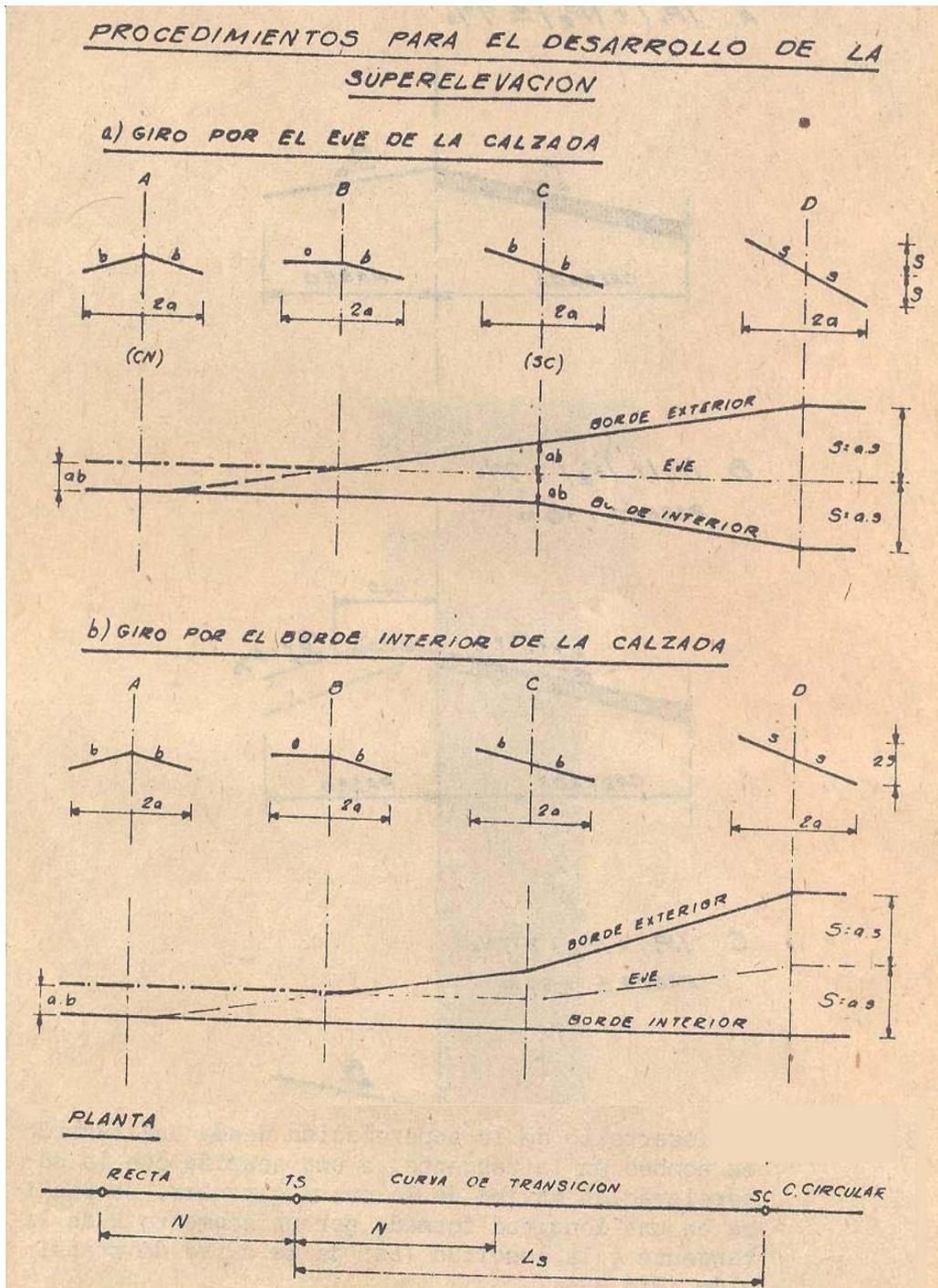


Figura 23 — Procedimientos para el desarrollo de la superelevación

La longitud del segmento N será:

$$\frac{a \times b}{\Delta p_{\min}} \geq N \geq \frac{a \times b}{\Delta p_{\max}}$$

donde

N: Tramo en recta donde comienza a introducirse la superelevación, es decir se pasa de bombeo o corona normal a supresión de corona y de supresión de corona a corona superelevada

a: Semiancho de la calzada en tangente (m)

Δp_{\max} : Pendiente relativa máxima permisible del borde de la calzada (Tabla 8) (m/m)

Δp_{\min} : Pendiente relativa mínima para el borde de la calzada que asegura el drenaje de la sección transversal cuando la pendiente es 0% (supresión de corona, o sea cuando el borde que se eleva tiene igual elevación que el eje de la vía) (m/m)

b: Bombeo de la calzada en tangentes (m/m)

En los casos en que no se prevé curva de transición se utiliza una rampa de transición a la cual se le agrega el segmento N.

La longitud de la rampa de transición (L_r) se determina mediante la fórmula:

$$L_r = \frac{a}{\Delta p_{\max}} s \quad (\text{m})$$

donde

a: Distancia desde el eje hasta el borde exterior de la calzada incluyendo la parte correspondiente del ensanche (m)

Δp_{\max} : Pendiente relativa máxima permisible del borde de la calzada (Ver Tabla 8)

s: Superelevación en la curva circular (m/m)

Para 30 km/h la longitud de la rampa de transición (L_r) no será menor de 20 m y están dadas en las Tablas del Anexo B.

Para 40 km/h la longitud de la rampa de transición (L_r) es igual a la curva de transición (L_s) y no será menor que 25 m (Ver Anexo B).

5.4.2.4 Métodos para el desarrollo de la superelevación

El desarrollo de la superelevación, en dependencia de las condiciones concretas del terreno, se realiza mediante el giro de la sección transversal por el eje, por el borde interior o por el borde exterior de la calzada.

Método I: Giro por el eje de la calzada (Ver Figura 23 a)

El giro comienza en el punto A en tangente y termina en el punto D en la curva circular. En todo el tramo A - D el giro se realiza por el eje de la calzada.

El punto A está en tangente a una distancia N antes del inicio de la curva de transición (TS).

En el punto A la sección transversal tiene pendiente del bombeo (Corona normal). El giro se produce en el borde exterior hasta en la distancia N (TS), se alcanza en el borde exterior pendiente nula, continua girando el borde exterior hasta el punto C donde la pendiente de la calzada es la del bombeo (2 %), y a partir de este punto ambos bordes, exterior e interior, giran para alcanzar la pendiente de la superelevación diseñada en el punto D, manteniéndose este valor de superelevación hasta el CS, donde el proceso es inverso al anterior.

La pendiente relativa del borde de la calzada será:

$$\Delta p_{\text{mín}} \leq \Delta p(\text{entre A y C}) \leq \Delta p_{\text{máx}}$$

Desde el punto C hasta el punto D = S.C se realiza simultáneamente el giro de toda la calzada hasta la obtención de la superelevación máxima (S) en la curva circular (C.S.) desde donde se inicia un proceso de giro inverso al descrito para la primera parte.

La pendiente relativa en este tramo será:

$$\Delta p(\text{entre C y D}) = \frac{a(s-b)}{L_s - N} \leq \Delta p_{\text{máx}}$$

Por este método se mantiene el perfil de la rasante. Este método es el más recomendable en la generalidad de los casos aunque se prestarse atención a las cunetas del borde interior de las curvas en los tramos en cortes.

Método II: Giro por el borde interior de la calzada (Ver Figura 23 b)

El giro comienza en el punto A y termina en el punto D. Desde el punto A hasta el C el giro se realiza por el eje de la calzada e igual al Método I.

Desde el punto C hasta el punto D el giro se realiza por el borde interior, incluyendo el ensanche, girando toda la calzada hasta obtener la superelevación total de la curva circular. En este tramo las cotas del borde interior permanecen inalteradas, variando las correspondientes a la rasante por el eje las cuales aumentan su valor en función del desarrollo de la superelevación.

La distancia $N = AB = BC$ se calcula según el Sub Apartado 5.4.2.3

Este método puede utilizarse cuando existan problemas con las pendientes de las cunetas interiores de las curvas en los tramos en cortes, ya que no se deprime el borde interior de la calzada; también puede utilizarse cuando el borde exterior está en corte, ya que disminuyen los mismos, y no debe utilizarse en terraplenes porque aumentan los volúmenes de éstos.

Anexo A
(normativo)

Comprobación y registro de la distancia de visibilidad

A.1 Generalidades

Se muestra un método gráfico para comprobar las distancias de visibilidad establecidas en la Tabla 3 Figura 2, así como la forma en que dichas distancias deben quedar registradas en los planos del proyecto.

Al comprobar y registrar las distancias de visibilidad se tiene la oportunidad de conocer la suficiencia del trazado geométrico en lo que respecta a estas distancias, con lo cual se está en posición de tomar las medidas que sean posible en cada caso.

A.2 Distancia de visibilidad

A.2.1 Distancia de visibilidad de parada D_p (en planta)

En la Figura A.1 se muestra una planta y una sección típica donde aparecen representaciones de las visuales con una zona de corte, que es el lugar más crítico, pues el contratalud limita las posiciones de las visuales.

En la planta de línea discontinua de trazos largos representa la visual desde el vehículo hasta el obstáculo. Esa visual es tangente en el punto B al contratalud y la visual representada es la máxima.

Según el vehículo se mueva hacia delante la visual del conductor va tocando diferentes puntos B del contratalud.

Al proyectar en la planta esos puntos B nos da como resultado si el contratalud tiene pendiente uniforme, una línea concéntrica con el eje de la vía y situada a una distancia "x" del mismo. La proyección está representada en el dibujo por una línea discontinua de trazos largos. La distancia entre el vehículo y el obstáculo, tan pronto como éste sea visible, es la distancia que el vehículo dispone para frenar y debe ser igual o mayor a la distancia de parada.

NOTA: En la Figura A.1 el vehículo está situado en la estación 88 y el obstáculo en la estación 100. La distancia de visibilidad entre ellos es por lo tanto, de 12 estaciones, o sea, 120 m.

En la Figura A.2 se muestra una perspectiva con el fin de aclarar los conceptos, así como una aserción longitudinal con dimensiones.

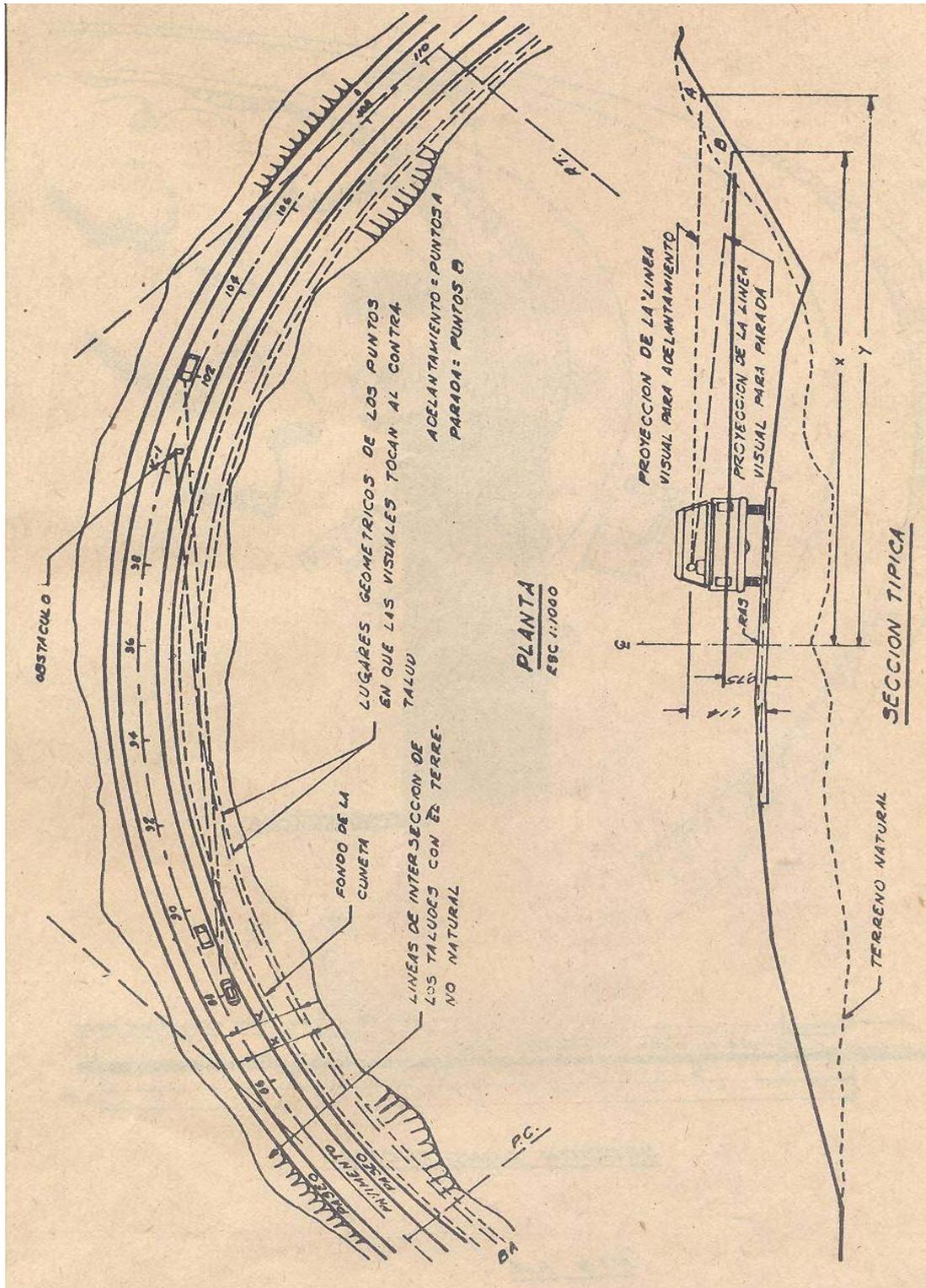


Figura A.1 — Planta y sección típica de la representación de las visuales

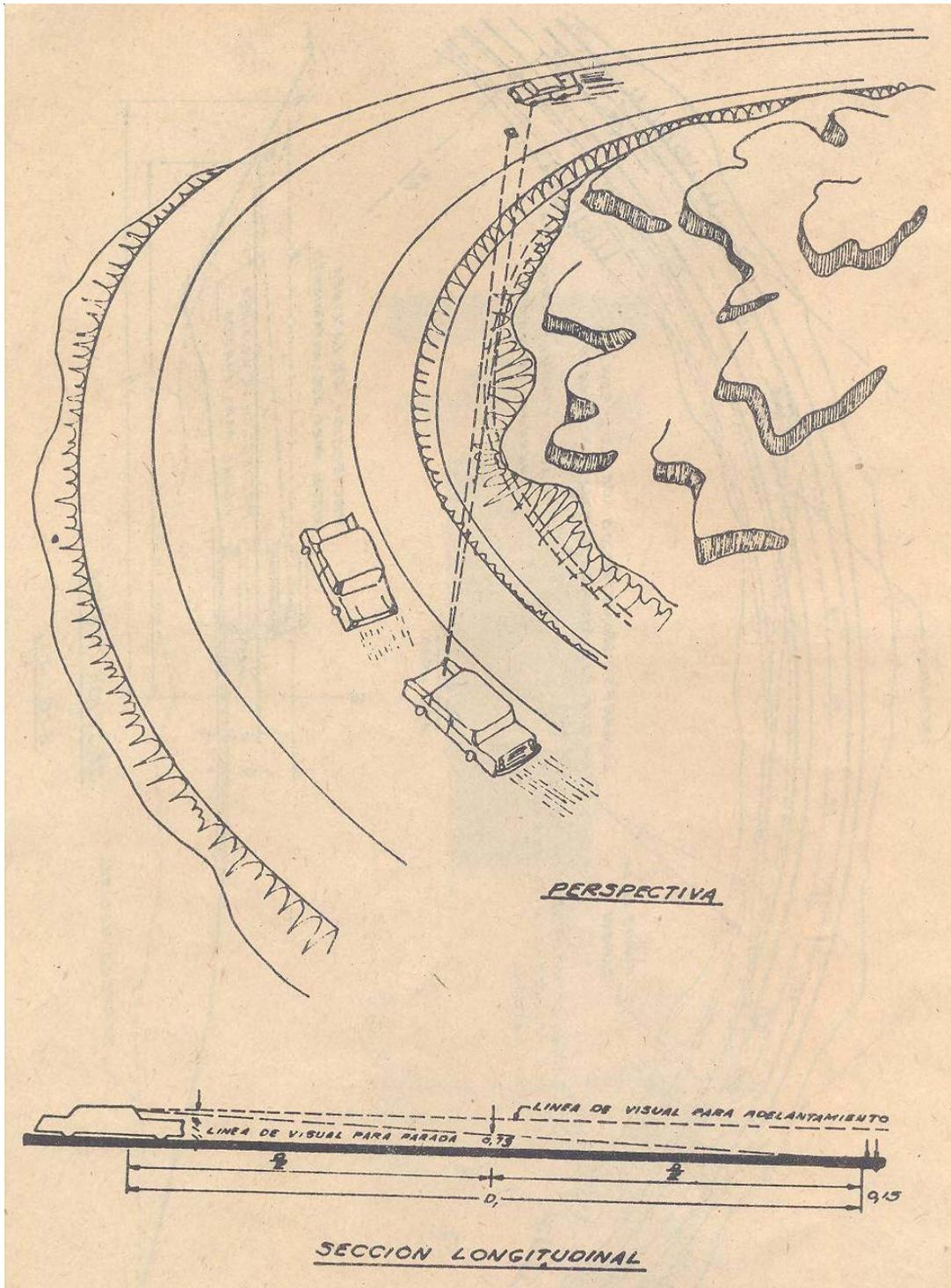


Figura A.2 — Perspectiva y sección longitudinal

A.2.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento D_a (en planta)

En la Figura A.1 la línea discontinua de trazos cortos representa la visual desde el vehículo que intenta pasar a otro, hasta el vehículo que viaja en sentido contrario.

Esa visual toca al contratalud en el punto A según el vehículo se mueve, el punto A se traslada tal y como se explicó anteriormente para la distancia de visibilidad de parada.

La proyección en planta de los puntos A es también una línea concéntrica al eje de la vía, situado en este caso a una distancia "y" del mismo.

La distancia entre los vehículos es la disponible para efectuar la maniobra de adelantamiento y la misma se podrá efectuar si dicha distancia es mayor que la distancia de visibilidad de adelantamiento. En la figura el vehículo que intenta la maniobra está situado en la estación 88 y el que viaja en la dirección contraria en la estación 102. La distancia de visibilidad entre ellos es por lo tanto de 14 estaciones, o sea, 140 m.

Es conveniente hacer resaltar la poca diferencia entre las distancias "x" e "y" la que representa a escala 1:2000 es una magnitud difícil de apreciar. Esta distancia depende de la pendiente del contratalud, mientras mas suave sea la misma, mayor la distancia. En la práctica, cuando en el dibujo sea imposible separar las dos proyecciones de los lugares geométricos, puede utilizarse una sola, la correspondiente al caso más crítico, o sea, la distancia parada.

En la Figura A.2 se aprecia la distancia de visibilidad de adelantamiento D_a en la perspectiva, y en la sección longitudinal las dimensiones establecidas.

A.2.3 Una vez definidas las distancias "x" e "y" en cada estación de las secciones transversales, se procede a dibujar las proyecciones de los lugares geométricos de los puntos de contacto B y A, (Ver Figura A.3). También debe dibujarse el ancho de la faja de emplazamiento, ya que en esa zona donde no haya ningún obstáculo que impida la visibilidad, dichas líneas también se limitan.

Aun en el caso de terrenos llanos las cercas de más de 0,75 m y de 1,14 m de altura, limitan las distancias de visibilidad.

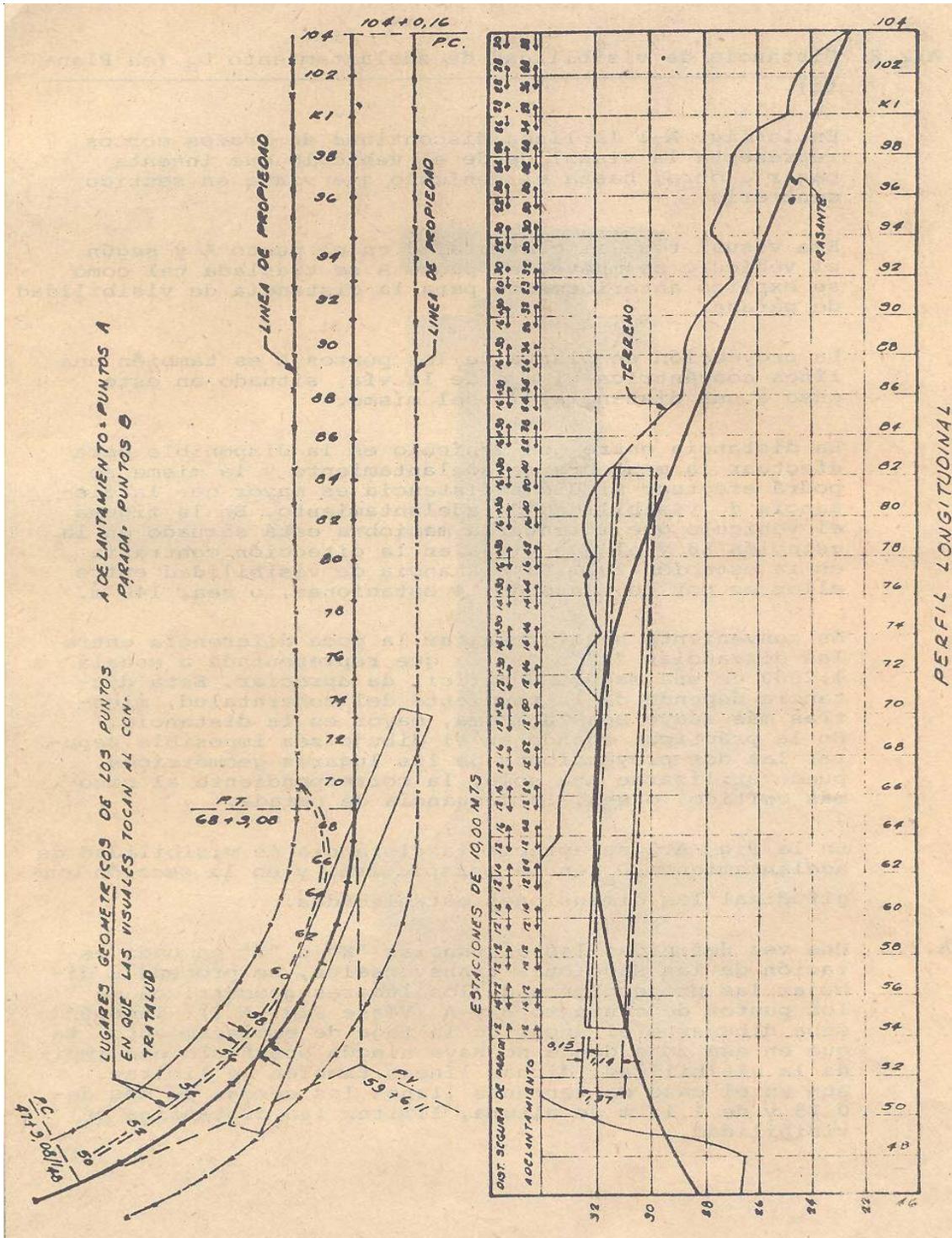


Figura A.3 — Perfil longitudinal

Situado al borde recto de una regla o plantilla cualquiera en la estación cuya distancia de visibilidad se quiere comprobar, se mueve la regla hasta que sea tangente a la línea de los puntos B. El punto donde el borde de la regla toca de nuevo el eje del trazado, es el punto más alejado en el que puede observarse un objeto de 0,15 m de altura situado en el pavimento.

En la Figura A.3 en el sentido creciente del estacionamiento, la regla situada en la estación 56 y tangente a la línea de los puntos B, vuelve a tocar el eje del trazado en la estación 68, luego a los fines prácticos un vehículo situado en la estación 56 es capaz de ver un objeto a 0,15 m situado sobre el pavimento en la estación 68. La distancia de visibilidad de parada D_p en ese sentido es de 12 estaciones, o sea, 120 m.

En la práctica cuando no se disponga de una planta tal como aparece en la Figura A.1, sino del eje del trazado (Ver Figura A.3), la determinación se hará por este eje siendo el error que se comete permisible.

Para determinar la distancia de visibilidad de adelantamiento D_a en esa misma estación y en el mismo sentido, se mueve la regla o plantilla hasta que sea tangente a la línea de los puntos A. como el desplazamiento es muy pequeño, la distancia de visibilidad de adelantamiento D_a aumenta muy poco y se considera igual a la anterior, o sea, 120 m.

Se repite la operación en la misma estación pero en el otro sentido de circulación, que al ser en un tramo recto las visibilidades estarán limitadas por la próxima curva vertical. El proceso se repite para cada estación.

A.2.4 Distancia de visibilidad de parada D_p (en perfil)

Con una plantilla, en la cual está representada a la misma escala que el perfil, la altura de 0,15 m del obstáculo y la altura del conductor sentado en el vehículo de 1,14 m, tal como se muestra en la Figura A.3 se procede del siguiente modo: con la línea de fiel (dibujada en la plantilla para comodidad en la operación), en la estación que se estudia 56+00, en este caso, coincidiendo con la estación y la línea inferior de la altura de 1,14 m, se hace la tangente con el perfil y la línea superior de la altura de 1,14 m que al mismo tiempo lo es de la de 0,15 m. El punto donde la línea inferior de los 0,15 m corta de nuevo el perfil, es la distancia de visibilidad de parada. Esta operación ocurre en la estación 70+00. La distancia de visibilidad de parada D_p es por tanto, de 14 estaciones, o sea, 140 m, esto significa obviamente que la parte superior de un objeto de 0,15 m de altura puede ser divisado desde el vehículo.

El punto donde la línea inferior de la altura de 1,37 m corta de nuevo el perfil, determina la distancia de visibilidad de adelantamiento D_a .

Esto ocurre a la estación 80+00, y dicha distancia de visibilidad es de 24 estaciones, o sea, 240 m.

Esto significa que la parte del vehículo viajando en el sentido opuesto a aquel que quiere efectuar la maniobra de paso, que exceda la altura de 1,37 m es visible para el conductor del primer vehículo.

La misma determinación se realiza para el otro sentido de circulación y quedan determinadas en este caso cuatro distancias de visibilidad, dos de parada y dos de adelantamiento.

NOTA: En la Figura A.3 se reproduce el tramo del perfil correspondiente al mismo tramo que en la planta.

A.3 Registro de las distancias mínimas de visibilidad

Siendo teóricamente ocho las distancias de visibilidad determinadas en cada estación (prácticamente sólo 4) solamente se registran en los planos las distancias mínimas en cada sentido de circulación, tanto para parada como para adelantamiento. En caso, en la estación 56+00 se ha determinado: (Ejemplo práctico)

En planta	{ Sentido creciente del estacionamiento { Parada 12 Est. Adelantamiento 12 Est.

En perfil	{ Sentido creciente { Parada 14 Est. Adelantamiento 24 Est.

Las distancias mínimas que hay que registrar, porque son las que dominan, son:

Tránsito en el sentido creciente de estacionamiento	{ Parada 12 Est. Adelantamiento 12 Est.
Tránsito en el sentido opuesto	{ Parada 14 Est. Adelantamiento 14 Est.

Cuyas distancias quedan debidamente registradas en los planos. Las mismas deben ser comparadas con las distancias seguras de visibilidad de la categoría de la carretera que se trate y obtener los resultados consecuentes.

Este ejemplo que se escogido, se observa claramente que lo que limita la visibilidad es la curva horizontal, por lo que las distancias de parada y adelantamiento, D_p y D_a , han resultado iguales (prácticamente).

Con el fin de facilitar la operación de la comprobación de la distancia de visibilidad de plantilla preparada al efecto tiene señaladas para cada categoría de carretera una distancia máxima a partir de la cual no interesa el valor de esa distancia sino sólo saber que es mayor a la establecida.

A.4 Modelo registrado de las distancias de visibilidad

El modelo práctico que aparece en la Figura A.4 tiene como finalidad registrar todas las lecturas hechas en cada estación con el objeto de determinar las mínimas a los fines de la debida comprobación.

En los cuadros-casillas se situarán los valores obtenidos de las medidas de las distancias en planta y perfil, tanto en sentido creciente como en el decreciente. Los valores mínimos, que son los que aparecen en el registro correspondiente de los planos, aparecen subrayados en este registro total.

Al final del modelo, en las observaciones, aparecen anotaciones interesantes que tienen por objeto, durante el estudio del proyecto, anotar las diferencias para su corrección.

Una vez terminada la redacción del proyecto, en las hojas registros que deben acompañarse en los ejemplares del mismo, deben aparecer en las observaciones las notas que se estimen necesarias, pero siempre deberá aparecer la longitud del tramo que no cumple la distancia registrada segura de adelantamiento.

Carretera Marimon Loma de la Cruz
 Categoría I $V_d = 100$ km/h, Distancia segura de adelantamiento 700 m
 Distancia segura parada 205 m + distancia registrada de adelantamiento 450 m
 Del km 0 a km 1 Plano Hoja No. _____

		Est	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50		
Planta	Creciente	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
		A	<u>28</u>	<u>28</u>	<u>26</u>	<u>26</u>	<u>24</u>	<u>24</u>	<u>26</u>	<u>28</u>	<u>40</u>	<u>38</u>	<u>36</u>	<u>34</u>	<u>32</u>	<u>30</u>	<u>28</u>	<u>26</u>	<u>24</u>	<u>22</u>	<u>20</u>	<u>18</u>	<u>16</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	
	Decreciente	P	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>18</u>	<u>20</u>	<u>22</u>																
		A	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>18</u>	<u>20</u>	<u>22</u>	<u>24</u>	<u>26</u>	<u>28</u>	<u>28</u>	<u>26</u>	<u>24</u>	<u>26</u>	<u>26</u>	<u>26</u>	<u>28</u>	<u>30</u>	<u>32</u>	<u>34</u>	<u>36</u>		
Perfil	Creciente	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
		A	<u>22</u>	<u>20</u>	<u>18</u>	<u>16</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>12</u>	<u>12</u>																			
	Decreciente	A	58	56	54	54	50	48	46	44	42	40	38	36	36	32	32	30	28	26	26	24	24	24	24	24	24	24	24	24
		P	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
	A	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	32	32	34	36	38	40	42	44	44	48	50			

Planta	Creciente	Est	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	
		P	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>22</u>	<u>±</u>	<u>±</u>	<u>±</u>																	
	A	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>28</u>	<u>56</u>	<u>54</u>	<u>52</u>	<u>50</u>	<u>48</u>	<u>46</u>	<u>44</u>	<u>42</u>	<u>42</u>	<u>40</u>	<u>38</u>	<u>36</u>	<u>34</u>	<u>32</u>	<u>32</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>28</u>	<u>28</u>		
	Decreciente	P	<u>22</u>	<u>22</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	18	20	22	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
		A	<u>38</u>	<u>40</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>18</u>	<u>20</u>	<u>22</u>	<u>22</u>	<u>22</u>	+	+	+	+	+	+	+								

Perfil	Creciente	P	16	16	16	14	14	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>16</u>	<u>18</u>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		A	24	24	24	24	24	<u>24</u>	<u>28</u>	<u>26</u>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Decreciente	P	<u>22</u>	<u>22</u>	18	16	14	14	16	16	16	16	16	16	16	<u>16</u>	<u>16</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>22</u>						
		A	52	54	56	34	26	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	26	26	28	30	30	32	34	

Observaciones:

Sentido creciente no se cumple la distancia segura de parada en estacionamiento 48 a 58: distancia restringida de adelantamiento en estacionamiento 0 al 66; 76 a 100

Sentido decreciente No se cumple distancia segura de parada en estacionamiento 0 a 18 (entrada al pueblo) distancia restringida de adelantamiento en estacionamiento 58 a 74

Figura A.4 — Modelo práctico de registro de lecturas tomadas en las estaciones

Anexo B
(normativo)

Tablas de los valores de la superelevación “S” y las longitudes mínimas de las curvas de transición para distintas curvaturas “G” y radios “R” para las diferentes velocidades de diseño

Tabla B.1

V_d = 100 km/h

G (°)	R (m)	S (%)	L _{smin} (m)	L _{sop} (m)	G (°)	R (m)	S (%)	L _{smin} (m)	L _{sop} (m)
0°17'11"	4000,00	Cn	-	-	1°38'13"	700,00	7,0	60	78
0 20 00	3437,76	CS	60	382	1 40 00	687,55	7,5	64	77
0 22 55	3000,00	2,0	60	333	1 45 47	650,00	7,5	64	73
0 27 30	2500,00	2,5	60	277	1 50 00	625,05	8,0	69	70
0 30 00	2291,84	2,5	60	254	1 54 36	600,00	8,0	69	69
0 34 23	2000,00	3,0	60	222	2 00 00	572,96	8,5	73	73
0 39 17	1750,00	3,5	60	195	2 05 01	550,00	8,5	73	73
0 40 00	1718,88	3,5	60	191	2 10 00	528,89	9,0	77	77
0 45 50	1500,00	4,0	60	167	2 17 31	500,00	9,0	77	77
0 50 00	1375,10	4,5	60	153	2 20 00	491,11	9,0	77	77
0 55 00	1250,00	4,5	60	153	2 20 00	458,37	9,5	81	81
1 00 00	1145,92	5,0	60	139	2 24 45	475,00	9,5	81	81
1 08 45	1000,00	5,5	60	112	2 32 47	450,00	9,5	81	81
1 10 00	982,22	6,0	60	110	2 40 00	429,72	9,5	81	81
1 12 22	950,00	6,0	60	106	2 41 47	425,00	0	86	86
1 16 24	900,00	6,0	60	100	2 50 00	404,44	10	86	86
1 20 00	859,44	6,5	60	96	2 51 53	400,00	10	86	86
1 20 53	850,00	6,5	60	95	3 00 00	381,97	10	86	86
1 25 57	800,00	6,5	60	89	3 03 21	375,00	10	86	86
1 30 00	763,95	7,0	60	84	3 20 00	343,78	10	86	86
1 31 40	750,00	7,0	60	84	3 20 00	343,78	10	86	86

G_{máx} = 30° 20' R_{mín} = 343,78 m

Tabla B.2

Vd = 80 km/h

G (°)	R (m)	S (%)	L _{smin} (m)	L _{sop} (m)	G (°)	R (m)	S (%)	L _{smin} (m)	L _{sop} (m)
0°22'55"	3000,00	CN	-	-	2°10'00"	528,89	6,5	50	58
0 27 30	2500,00	CS	50	227	2 17 31	500,00	6,5	50	56
0 30 00	2291,84	2,0	50	254	2 20 00	491,11	7,0	53	55
0 34 23	2000,00	2,0	50	222	2 24 45	475,00	7,0	53	53
0 39 17	1750,00	2,5	50	195	2 30 00	458,37	7,0	53	53
0 40 00	1718,88	2,5	50	191	2 32 97	450,00	7,0	53	53
0 45 50	1500,00	2,5	50	167	2 40 00	429,72	7,5	57	57
0 50 00	1375,10	3,0	50	153	2 41 47	425,00	7,5	57	57
0 55 00	1250,00	3,0	50	139	2 50 00	404,44	8,0	60	60
1 00 00	1145,92	3,5	50	128	2 51 53	400,00	8,0	60	60
1 08 45	1000,00	3,5	50	112	3 00 00	381,97	8,0	60	60
1 10 00	982,22	4,0	50	110	3 03 21	375,00	8,0	60	60
1 12 22	950,00	4,0	50	106	3 15 00	352,59	8,5	64	64
1 16 24	900,00	4,0	50	100	3 16 27	350,00	8,5	64	64
1 20 00	859,00	4,5	50	96	3 30 00	327,41	9,0	68	68
1 20 53	850,00	4,5	50	95	3 31 33	325,00	9,0	69	69
1 25 57	800,00	4,5	50	89	3 45 00	305,58	9,0	69	69
1 30 00	763,95	5,0	50	85	3 49 11	300,00	9,0	69	69
1 31 40	750,00	5,0	50	84	4 00 00	286,48	9,5	73	73
1 38 13	700,00	5,0	50	78	4 10 01	275,00	9,5	73	73
1 40 00	687,55	5,5	50	77	4 30 00	254,65	10	77	77
1 45 47	650,00	5,5	50	73	4 35 01	250,00	10	77	77
1 50 00	625,00	6,0	50	70	5 00 00	229,84	10	78	78
1 54 36	600,00	6,0	50	67	5 05 35	225,00	10	78	78
2 00 00	572,96	6,0	50	64	5 30 00	208,35	10	78	78
2 05 01	550,00	0,0	50	61	$G_{\max} = 5^{\circ} 30'$ $R_{\min} = 208,35 \text{ m}$				

Tabla B.3

Vd = 60 km/h

G (°)	R (m)	S (%)	L _{smin} (m)	L _{sop} (m)	G (°)	R (m)	S (%)	L _{smin} (m)	L _{sop} (m)
0°34'23"	2000,00	CN	-	-	3°00'00"	381,97	5,5	37	43
0 39 17	1750,00	CS	36	195	3 03 21	375,00	5,5	37	42
0 40 00	1718,00	CS	36	191	3 15 00	352,00	6,0	40	40
0 45 50	1500,00	CS	36	167	3 16 27	350,000	6,0	40	40
0 50 00	1375,10	CS	36	153	3 30 00	327,41	6,0	40	40
1 00 00	1145,92	2,0	36	128	3 45 00	305,58	6,5	43	43
1 08 45	1000,00	2,5	36	112	3 49 `11	300,00	6,5	43	43
1 10 00	982,22	2,5	36	110	4 00 00	286,48	6,5	44	44
1 12 22	950,00	2,5	36	106	4 10 01	275,00	7,0	47	47
1 16 24	900,00	2,5	36	100	4 30 00	254,65	7,0	47	47
1 20 00	859,44	3,0	36	96	4 35 01	250,00	7,5	50	50
1 20 53	850,00	3,0	36	95	5 00 00	228,94	7,50	50	50
1 25 57	800,00	3,0	36	89	5 05 35	225,00	8,0	540	54
1 30 00	763,95	3,0	36	85	5 30 00	208,35	8,0	54	54
1 31 40	750,00	3,0	36	84	5 43 46	200,00	8,5	58	58
1 38 13	700,00	3,5	36	78	6 00 00	190,99	8,5	58	58
1 40 00	687,55	3,5	36	77	6 21 58	180,00	9,0	62	62
1 45 47	650,00	3,5	36	73	6 30 00	176,300	9,0	62	62
1 50 00	625,05	3,5	36	70	7 00 00	163,70	9,0	62	62
1 54 36	600,00	4,0	36	67	-	-	-	-	-
2 00 00	572,96	4,0	36	64	7 09 43	160,00	9,5	65	65
2 05 01	550,00	4,0	36	61	7 30 00	152,79	9,5	65	65
2 10 00	528,89	4,9	36	58	7 38 22	150,00	9,5	65	65
2 17 31	500,00	4,5	36	56	8 00 00	143,24	9,5	66	66
2 20 00	491,11	4,5	36	55	8 11 07	140,00	10	70	70
2 24 45	475,00	4,5	36	53	8 30 00	134,81	10	70	70
2 30 00	458,37	4,5	36	51	8 48 53	130,00	10	70	70
2 32 47	450,00	5,0	36	50	9 00 00	127,32	10	70	70
2 40 00	429,00	5,0	36	48	9 30 00	120,62`10	10	70	70
2 41 47	425,00	5,0	36	48	9 32 58	120,00	10	70	70
2 50 00	404,44	5,0	36	45	10 00 00	114,59	10	71	71
2 51 53	400,00	5,0	36	45	10 30 00	109,14	10	71	71

$G_{\text{máx}} = 10^{\circ}30'$ $R_{\text{mín}} = 109,14 \text{ m}$
--

Tabla B.4

Vd = 50 km/h

G (°)	R (m)	S (%)	L _{smín} (m)	G (°)	R (m)	S (%)	L _{smín} (m)
0°45'50"	1500,00	CN	-	3°30'00"	327,41	4,0	30
0 50 00	1375,10	CS	30	3 31'33	325,00	4,0	30
0 55 00	1250,00	CS	30	3 45 00	305,58	4,0	30
1 00 00	1145,92	CS	30	3 49 11	300,00	4,0	30
1 08 45	1000,00	CS	30	4 00 00	286,48	4,0	30
1 10 00	982,22	CS	30	4 10 01	275,00	4,0	30
1 12 22	950,00	CS	30	4 30 00	254,65	4,5	30
1 16 24	900,00	CS	30	4 35 01	250,00	4,5	30
1 20 00	859,44	CS	30	5 00 00	229,24	4,5	30
1 20 53	850,00	CS	30	5 30 00	208,35	4,5	30
1 25 57	800,00	CS	30	5 30 00	208,35	4,5	30
1 30 00	763,95	2,0	30	5 43 46	200,00	5,0	30
1 31 40	750,00	2,0	30	6 00 00	190,99	5,0	30
1 38 13	700,00	2,5	30	6 21 58	180,00	5,0	30
1 40 00	687,55	2,5	30	6 30 00	176,30	5,0	30
1 45 47	650,00	2,5	30	7 00 00	163,70	5,0	30
1 50 00	625,05	2,5	30	7 09 43	160,00	5,0	30
1 54 36	600,00	2,5	30	7 30 00	152,79	5,5	30
2 00 00	572,96	2,5	30	7 38 32	150,00	5,5	31
2 05 01	550,00	2,5	30	8 00 00	143,24	5,5	31
2 10 00	528,89	3,0	30	8 11 07	140,00	5,5	31
2 17 31	500,00	3,0	30	8 30 00	134,81	5,5	31
2 20 00	491,11	3,0	30	8 48 53	130,00	5,5	31
2 24 45	475,00	3,0	30	9 00 00	127,32	5,5	31
2 30 00	458,37	3,0	30	9 30 00	120,62	6,0	34
2 32 47	450,00	3,0	30	9 32 58	120,00	6,0	34
2 40 00	429,72	3,0	30	10 00 00	114,59	6,0	34
2 41 97	425,00	3,0	30	10 25 28	110,00	6,0	34
2 50 00	404,44	3,5	30	11 00 00	104,17	6,0	34
2 51 63	400,00	3,5	30	11 27 23	100,00	6,0	34
3 00 00	381,97	3,5	30	12 00 00	95,49	6,0	35
3 03 21	375,00	3,5	30	12 43 56	90,00	6,0	35
3 15 00	352,59	3,5	30	13 00 00	88,15	6,0	35
3 16 27	350,00	3,5	30	14 00 00	81,85	6,0	35

$G_{\max} = 14^\circ$ $R_{\min} = 81,85$ m

Tabla B.5

Vd = 40 km/h

G (°)	R (m)	S (%)	L _{smín} (m)	G (°)	R (m)	S (%)	L _{smín} (m)
1°15'00"	916,74	CN	-	6°30'00"	176,30	4,0	25
1 16 24	900,00	CS	25	6 44 27	170,00	4,0	25
1 20 00	859,44	CS	25	7 00 00	163,70	4,0	25
1 30 00	763,95	CS	25	7 09 43	160,00	4,0	25
1 40 00	687,55	CS	25	7 30 00	152,79	4,5	25
1 50 00	625,05	CS	25	7 38 22	150,00	4,5	25
2 00 00	572,96	CS	25	8 00 00	143,24	4,5	25
2 10 00	528,89	CS	25	8 11 07	140,00	4,5	25
2 17 31	500,00	CS	25	8 30 00	134,81	4,5	25
2 20 00	491,11	CS	25	9 00 00	127,32	4,5	25
2 24 45	475,00	CS	25	9 00 00	127,32	4,5	25
2 30 00	456,37	2,0	25	9 30 00	120,62	4,5	25
2 32 47	450,00	2,5	25	9 32 58	120,00	4,5	25
2 40 00	429,72	2,5	25	10 00 00	114,59	5,0	25
2 41 47	425,00	2,5	25	10 25 28	110,00	5,0	25
				11 00 00	104,17	5,0	25
2 50 00	404,44	2,5	25	11 27 33	100,00	5,0	25
2 51 53	400,00	2,5	25	12 00 00	95,49	5,0	25
3 00 00	381,97	2,5	25	12 43 56	90,00	5,5	26
3 03 21	375,00	2,5	25	13 00 00	88,15	5,5	26
3 15 00	350,00	2,5	25	14 00 00	81,85	5,5	26
3 16 27	350,00	3,0	25	14 10 26	80,00	5,5	26
3 30 00	327,11	3,0	25	15 00 00	76,39	5,5	26
3 31 33	325,00	3,0	25	16 00 00	71,62	5,5	26
3 45 00	305,00	3,0	25	16 22 13	70,00	5,5	27
3 49 11	300,00	3,0	25	17 00 00	67,41	6,0	29
4 00 00	286,48	3,0	25	17 37 46	65,00	6,0	29
4 10 01	275,00	3,0	25	18 00 00	63,66	6,0	29
4 30 00	254,65	3,5	25	19 00 00	60,31	6,0	29
4 35 01	250,00	3,5	25	19 05 55	60,00	6,0	29
5 00 00	229,84	3,5	25	20 00 00	57,30	6,0	30
5 05 35	225,00	3,5	25	20 50 06	55,00	6,0	30
5 30 00	208,354,0	4,0	25	22 00 00	52,09	6,0	30
5 43 46	200,00	4,0	25	22 55 06	50,00	6,0	30
6 00 00	190,98	4,0	25	24 00 00	47,75	6,0	30
6 21 58	180,00	4,0	25	24 30 00	46,77	6,0	30

Tabla B.6

Vd = 30 km/h

G (°)	R (m)	S (%)	L _{rmin} (m)	G (°)	R (m)	S (%)	L _{rmin} (m)
2°10'00"	528,89	CN	-	10°00'00"	114,59	3,5	20
2 17 31	500,00	CS	-	10 25 28	110,00	4,0	20
2 20 00	491,11	CS	20	11 00 00	104,17	4,0	20
2 30 00	458,37	CS	20	11 27 33	100,00	4,0	20
2 40 00	429,72	CS	20	12 00 00	95,49	4,0	20
2 50 00	404,44	CS	20	13 00 00	88,15	4,0	20
2 51 53	400,00	CS	20	13 00 00	88,15	4,9	20
3 00 00	381,97	CS	20	14 00 00	81,85	4,0	20
3 15 00	352,59	CS	20	14 19 26	80,00	4,5	20
3 30 00	327,41	CS	20	15 00 00	76,39	4,5	20
3 45 00	305,58	CS	20	16 00 00	71,62	4,5	20
3 49 11	300,00	CS	20	16 22 13	70,00	4,5	20
4 00 00	286,48	CS	20	17 00 00	67,41	4,5	20
4 10 01	275,00	2,0	20	18 00 00	63,66	4,5	20
4 30 00	254,65	2,5	20	10 00 00	60,31	5,0	20
4 35 01	250,00	2,5	20	19 05 00	60,00	5,0	20
5 00 00	229,84	2,5	20	20 00 00	57,30	5,0	20
5 05 35	225,00	2,5	20	22 00 00	52,09	5,0	20
5 30 00	200,00	2,5	20	22 5 06	50,00	5,0	20
5 43 46	200,00	2,5	20	24 00 00	47,75	5,0	20
6 00 00	190,99	3,0	20	25 27 53	45,00	5,5	22
6 21 58	180,00	3,0	20	26 00 00	44,07	5,5	22
6 30 00	176,30	3,0	20	28 00 00	40,93	5,5	22
6 44 27	170,00	3,0	20	28 28 52	40,00	5,5	22
7 00 00	163,70	3,0	20	30 00 00	38,20	5,5	22
7 09 43	160,00	3,0	20	32 00 00	35,81	5,5	23
7 30 00	152,79	3,0	20	32 44 26	35,00	5,5	23
7 38 22	150,00	3,0	20	34 00 00	33,70	6,0	25
8 00 00	143,24	3,5	20	36 00 00	31,83	6,0	26
8 11 07	140,00	3,5	20	38 00 00	230,16	6,0	26
8 30 00	134,81	3,5	20	38 11 50	30,00	6,0	26
8 48 53	130,00	3,5	20	40 00 00	28,65	6,0	26
9 00 00	127,32	3,5	20	45 00 00	25,46	6,0	26
9 30 00	120,62	3,5	20	45 50 12	25,00	6,0	27
9 32 58	120,00	3,5	20	50 00 00	22,92	6,0	27
$G_{\max} = 50^\circ$					$R_{\min} = 22,92 \text{ m}$		

Anexo C
(normativo)

Valores de las longitudes de las curvas y factores de cálculo

C.1 Curvas verticales simétricas

- Tabla C.1.1 Longitud mínima deseable
- Tabla C.1.2 Longitud mínima absoluta
- Tabla C.1.3 Factores para determinar las ordenadas en cualquier punto

Las Tablas C.1.1 y C.1.2 de longitudes, están dadas en función de la velocidad y el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

Los valores para longitudes dadas en las tablas C.1.1 y C.1.2 se han redondeado a múltiplos de 40 m y 20 m respectivamente con el fin de facilitar el cálculo y el replanteo.

Los valores de longitudes dados en estas Tablas cumplen con los requerimientos impuestos en el Apartado 5.3.5 curvas verticales

En la Tabla C.1.3 se dan para cada longitud de curva vertical, los factores por los cuales hay que multiplicar la ordenada del vértice calculado por la fórmula correspondiente, para obtener las demás ordenadas necesarias.

Cuando la diferencia algebraica de las pendientes es de signo positivo, las ordenadas calculadas se restan de los valores del perfil por la tangente para obtener la cota corregida de la curva de la rasante y cuando tienen signo negativo se suman.

C.2 Curvas verticales asimétricas

Para los casos de las curvas verticales asimétricas deben realizarse los cálculos correspondientes, cumpliendo con los requerimientos impuestos para las curvas simétricas.

Las distancias X_n se miden a partir del TC_v y del CT_v para cada lado hacia el vértice.

Fórmulas

Ordenadas en el vértice

$$e_v = \frac{l_1 \times l_2}{2(l_1 + l_2)}$$

Ordenadas en un punto n

$$\begin{array}{l} \text{Del lado 1 } (l_1) \\ e_{vn} = \frac{(x_n)^2 e_v}{l_1} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Del lado 2 } (l_2) \\ e_{vn} = \frac{(x_n)^2 e_v}{l_2} \end{array}$$

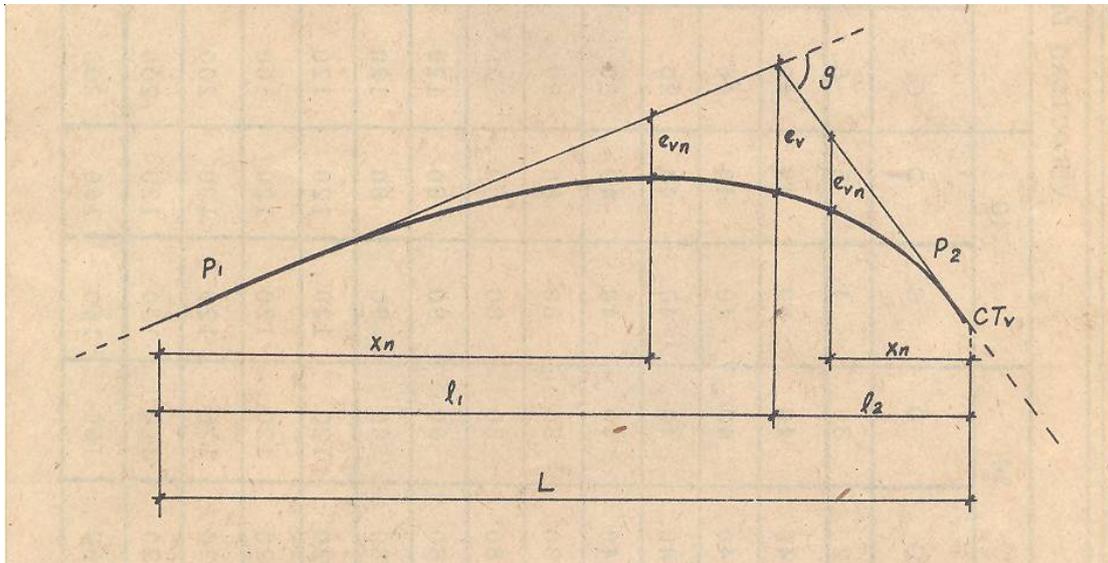


Figura C.1 — Curva vertical asimétrica

Tabla C.1.1 — Longitud mínima deseable de curvas verticales

Diferencia algebraica de las pendientes (%)	Velocidad de diseño (km/h)											
	30		40		50		60		80		100	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
1	40	40	40	40	40	40	40	40	80	80	120	80
2	40	40	40	40	40	40	40	40	120	80	200	120
3	40	40	40	40	80	80	80	80	160	120	320	160
4	40	40	40	40	80	80	80	80	200	160	400	200
5	80	80	80	80	80	80	120	120	280	200	520	280
6	80	80	80	80	120	120	120	120	320	240	600	320
7	80	80	80	80	120	120	160	160	360	280		
8	80	80	80	80	120	120	160	160	400	280		
9	120	120	120	120	120	120	200	200	480	320		
10	120	120	120	120	160	160	200	200	520	360		
11	120	120	120	120	200	200	240	240				
12	120	120	120	120	200	200	240	240				
13	160	160	160	160	200	200	280	280				
14	160	160	160	160	240	240	280	280				
15	160	160	160	160	240	240	320	320				
16	160	160	160	160	240	240	320	320				
17	200	200	200	200	280	280						
18	200	200	200	200	280	280						
19	200	200	200	200								
20	200	200	200	200								
21	240	240										
22	240	240										
23	240	240										
24	240	240										

Tabla C.1.2 — Longitud mínima absoluta de curvas verticales

Diferencia algebraica de las pendientes (%)	Velocidad de Diseño (km/h)											
	30		40		50		60		80		100	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
1	20	20	40	40	40	40	40	40	60	60	60	60
2	20	20	40	40	40	40	40	40	60	60	120	80
3	20	40	40	40	40	60	60	60	100	80	180	120
4	20	40	40	40	40	60	60	60	120	100	240	160
5	40	60	40	60	60	80	80	80	160	140	300	200
6	40	60	40	60	60	100	100	100	180	160	360	240
7	40	80	40	80	80	120	120	120	220	180		
8	40	80	40	80	80	120	120	120	240	220		
9	60	100	60	100	100	140	140	140	280	240		
10	60	100	60	100	100	160	160	160	300	260		
11	60	120	60	120	120	180	180	180				
12	60	120	60	120	120	180	200	200				
13	80	140	80	140	140	200	200	200				
14	80	140	80	140	140	220	220	220				
15	80	160	80	160	160	240	240	240				
16	80	160	80	160	160	240	240	240				
17	100	180	100	180	180	260						
18	100	180	100	180	180	280						
19	100	200	100	200								
20	100	200	100	200								
21	120	220										
22	120	220										
23	120	240										
24	120	240										

Tabla C.1.3 — Factores para curvas verticales simétricas

Longitud (m)

Distancia	L = 40 l = 20	L = 60 l = 30	L = 80 l = 40	L = 100 l = 50	L = 120 l = 60	L = 140 l = 70	L = 160 l = 80	L = 180 l = 90
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	0,2500	0,1111	0,0625	0,4000	0,0278	0,-204	0,0156	0,0123
20	1,0000	0,4445	0,2500	0,1600	0,1111	0,0816	0,0625	0,0494
30		1,0000	0,5625	0,3600	0,2500	0,1837	0,1405	0,1111
40			1,0000	0,6400	0,4445	0,3265	0,2500	0,1975
50				1,0000	0,6944	0,5102	0,3906	0,3087
60					1,0000	0,7346	0,5625	0,4445
70						1,0000	0,7656	0,6050
80							1,0000	0,7901
90								1,0000

Distancia	L = 200 l = 100	L = 220 l = 110	L = 240 l = 120	L = 260 l = 130	L = 280 l = 140	L = 300 l = 150	L = 320 l = 160	L = 340 l = 170
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	0,0100	0,0083	0,0069	0,0059	0,0051	0,0044	0,0039	0,0035
20	0,0400	0,0331	0,0278	0,0237	0,0204	0,0178	0,0156	0,0138
30	0,0900	0,0744	0,0625	0,0533	0,0459	0,0400	0,0352	0,0311
40	0,1600	0,1322	0,1111	0,0947	0,0816	0,0711	0,0625	0,0554
50	0,2500	0,2066	0,1736	0,1479	0,1276	0,1111	0,0977	0,0865
60	0,3600	0,2976	0,2500	0,2130	0,1837	0,1600	0,1406	0,1246
70	0,4900	0,4050	0,3402	0,2900	0,2500	0,2178	0,1914	0,1696
80	0,6400	0,5920	0,4445	0,3787	0,3265	0,2844	0,2500	0,2214
90	0,8100	0,6695	0,5625	0,4793	0,4133	0,3600	0,3164	0,2803
100	1,0000	0,8265	0,6944	0,5917	0,5102	0,4445	0,3906	0,3460
110		1,0000	0,8403	0,7161	0,6173	0,5377	0,4727	0,6173
120			1,0000	0,0521	0,7346	0,6400	0,5625	0,4983
130				1,0000	0,8623	0,7512	0,6602	0,5848
140					1,0000	0,8710	0,7656	0,6782
150						1,0000	0,8789	0,7785
160							1,0000	0,8858
170								1,0000

Tabla C.1.3 (Conclusión)

Distancia	L = 360 l = 180	L = 400 l = 200	L = 440 l = 220	L = 480 l = 240	L = 520 l = 260	L = 560 l = 280	L = 600 l = 300	L = 640 l = 320
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,0123	0,0100	0,0082	0,0069	0,0058	0,0051	0,0044	0,0039
40	0,0494	0,0400	0,0330	0,0278	0,0237	0,0204	0,0178	0,0156
60	0,1111	0,0900	0,0744	0,0625	0,0532	0,0459	0,0400	0,0352
80	0,1975	0,1600	0,1322	0,1111	0,0847	0,0816	0,0711	0,0625
100	0,3087	0,2500	0,2066	0,1736	0,1479	0,1275	0,1111	0,0917
120	0,4445	0,3600	0,2975	0,2500	0,2130	0,1837	0,1600	0,1406
140	0,6050	0,4900	0,4095	0,3403	0,2906	0,2500	0,2178	0,1914
160	0,7901	0,6400	0,5289	0,4445	0,3787	0,3265	0,2844	0,2500
180	1,0000	0,8100	0,2693	0,5825	0,4793	0,4132	0,3600	0,3164
200		1,0000	0,8264	0,6944	0,5917	0,5102	0,4445	0,3906
220			1,0000	0,8403	0,7162	0,6173	0,5377	0,4727
240				1,0000	0,8520	0,7346	0,6400	0,5625
260					1,0000	0,8622	0,7512	0,6602
280						1,0000	0,8711	0,7656
300							1,0000	0,8789
320								1,0000

Formulas:

Ordenada en le vértice

$$e_v = \frac{1}{4}l \quad \text{ó} \quad e_v = \frac{1}{8}L$$

Ordenada en un punto n

$$Y_n = \left(\frac{X_n}{l} \right)^2 e_v$$

donde

l: Semi longitud de la curva vertical (m)

$$\left(\frac{X_n}{l} \right)^2 \text{ Factor de la Tabla}$$

e_v : Ordenada en el vértice de la parábola (m)

Y_n : Ordenadas desde la tangente a la curva vertical (m)

X_n : Distancia desde el TCv o CTv (m)

0: Diferencia algebraica de las rasantes

Rampa (+) Pendientes (-) (m/m)

Anexo D (normativo)

D.1 La ubicación de cercas de protección en carreteras puede aplicarse a obras nuevas, reconstrucciones de carreteras y caminos existentes pertenecientes a la Red Nacional.

D.2 Las cercas de protección se colocarán a ambos lados y a lo largo de todo el trazado de la vía, exceptuando:

- Pasos inferiores
- Pasos superiores
- Puentes
- Pasos peatonales
- Pasos de ganado

D.2.1 La distancia a la que se colocará las cercas de protección, para terraplenes menores de 6,0 m de altura y excavaciones menores de 3,0 m de profundidad, está determinada por la anchura de faja de emplazamiento de la vía, de acuerdo con el tipo de la misma (Ver Figura D.1 y Tabla D.1)

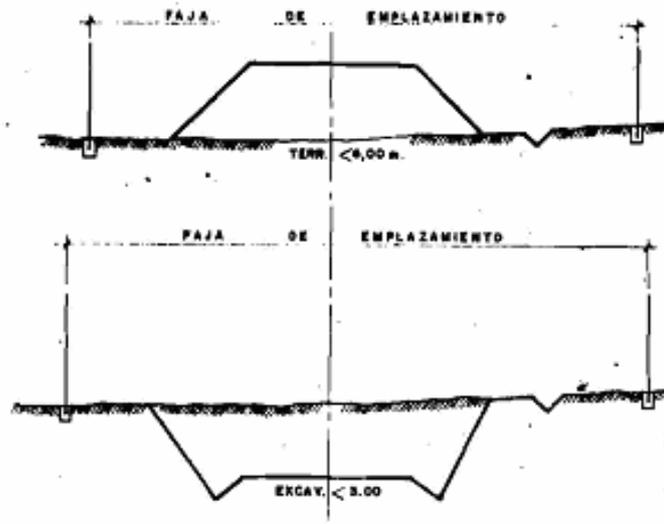


Figura D.1 — Distancia de colocación de las cercas de protección

Tabla D.1 — Anchura de la faja de emplazamiento según el tipo de carretera

Tipo de carretera	Anchura de la faja de emplazamiento
I	45
II	40
III	35
IV	30
V	25
VI	20

D 2.2 La distancia a la que se colocarán las cercas de protección, para terraplenes mayores de 6,0 m de altura y excavaciones mayores de 3,0 m de profundidad, será de 3,0 m del pie de talud, contratalud o de las cunetas interceptoras (Ver Figura D.2)

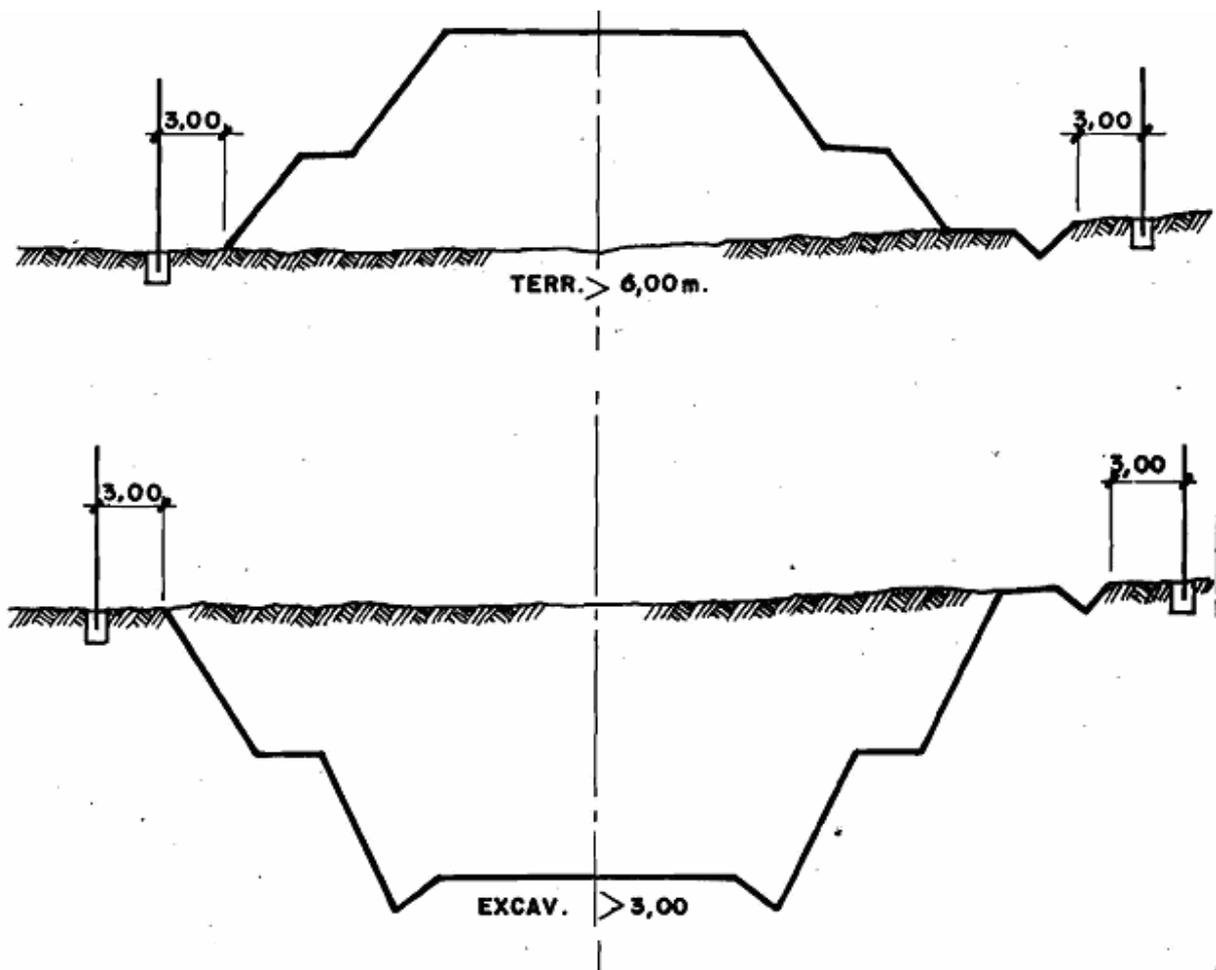


Figura D.2 — Distancia a la que se colocará la cerca de protección

En el caso de existir canales longitudinales paralelos a la vía o que le sirvan de drenaje, si el borde interior del talud de dichos canales está situado a más de 5,0 m del pie de talud o contratalud de la vía, los mismos se mantendrán fuera de la faja d emplazamiento de ésta.

D.3 Tipos de cerca

Los tipos de cerca de protección a utilizar serán las siguientes:
(Ver Figuras D.3, D.4, D.5, D.6)

- Cerca de malla de acero de tejido eslabonado simple cuadrado, de 1,80 m de altura, sin protección de alambre entorchado con púas.
- Cerca de malla de acero de tejido eslabonado simple cuadrado, de 1,50 m de altura, sin protección de alambre de entorchado con púas.
- Cerca de alambre entorchado con púas, con postes de hormigón, de 7 hilos, de 1,50 m de altura.
- Cerca de alambre entorchado con púas, con postes de hormigón, de 4 hilos, de 1,50 m de altura.

Cuando se quiera eliminar toda posibilidad de cruce de animales y brindar mayor elegancia a la vía, se usarán las cercas de malla de acero tejido eslabonado simple cuadrado.

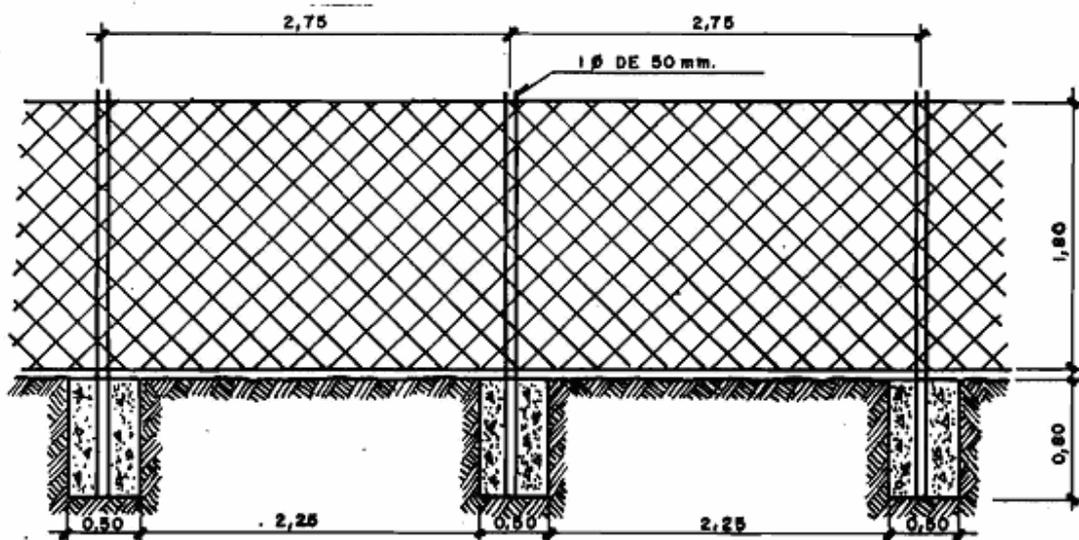


Figura D.3 — Cerca de malla de acero de tejido eslabonado simple cuadrado de 1,80 m

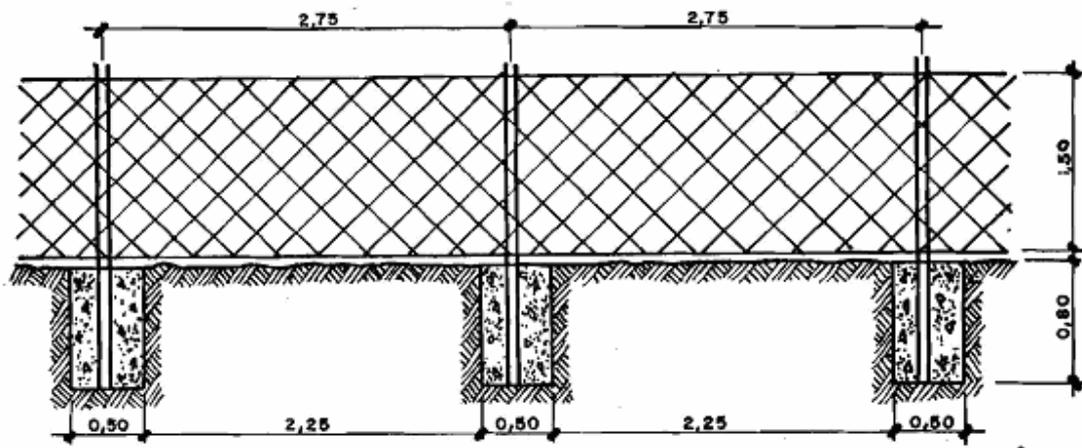


Figura D.4 — Cerca de malla de acero de tejido eslabonado simple cuadrado de 1,50 m

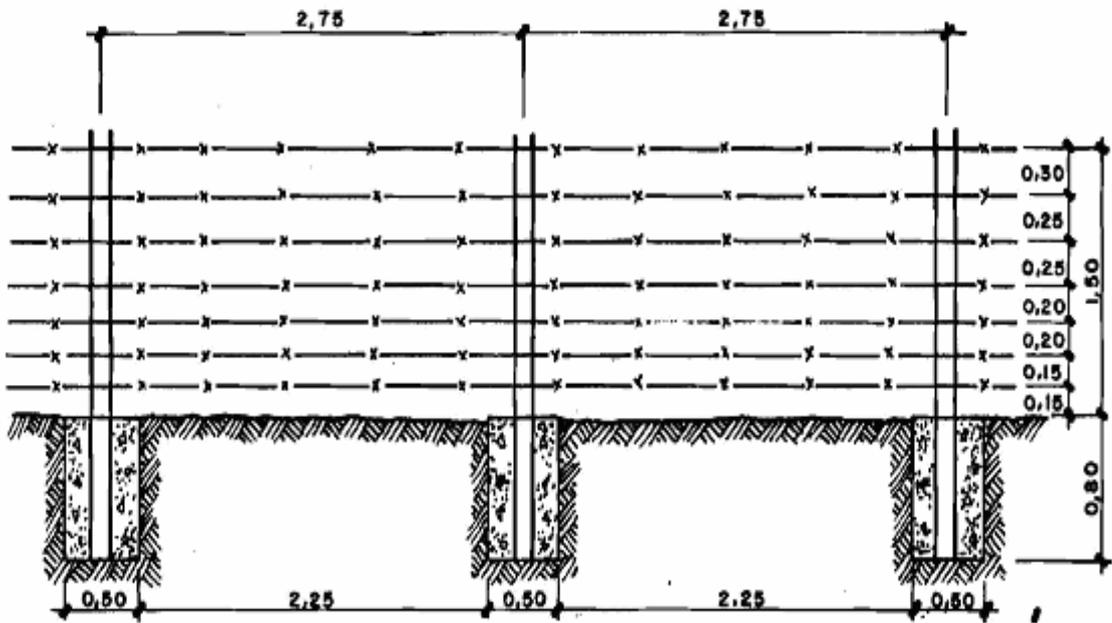


Figura D.5 — Cerca de alambre entorchado con púas de 7 hilos

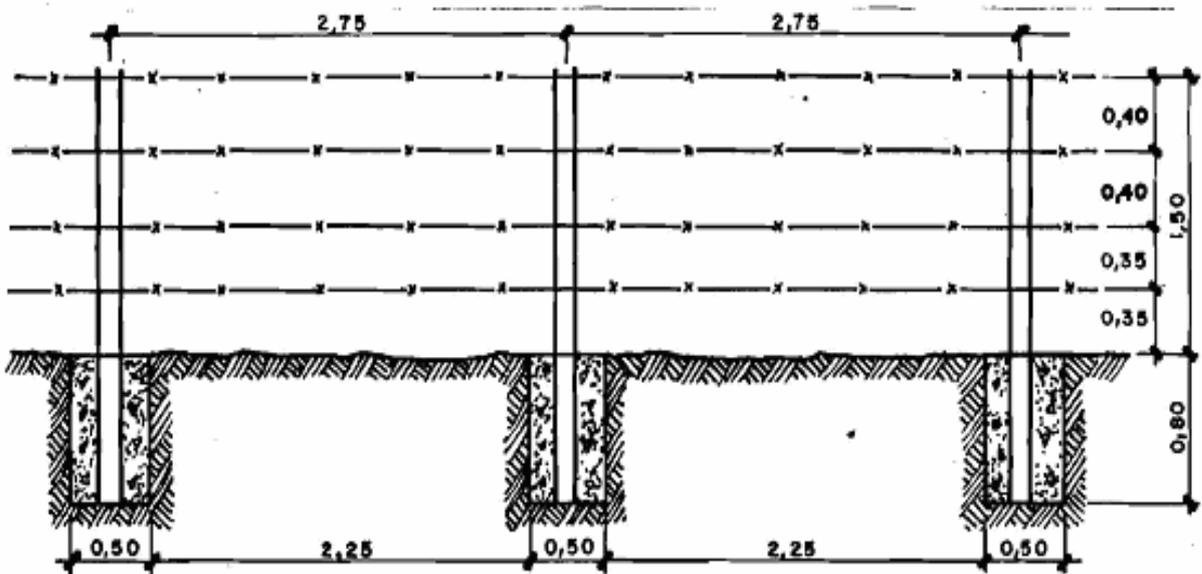


Figura D.6 — Cerca de alambre entorchado con púas de 4 hilos

Anexo E
(normativo)

Tabla E.1 — Valores de ensanches en función de la velocidad de diseño, ancho de calzada y curvatura de la circular

G (°)	R (m)	V _d (km/h)									
		80		60		50		40		30	
		Ancho de calzada (m)									
		7,00	6,50	7,00	6,50	6,00	6,50	6,00	6,00	6,00	5,50
0°27'00"	25,00	-	0,40	-	0,40	0,60	0,30	0,50	0,50	0,50	0,70
0 30 00	2291,84	-	0,40	-	0,40	0,60	0,30	0,50	0,50	0,50	0,70
0 34 23	2000,00	-	0,40	-	0,40	0,60	0,30	0,50	0,50	0,50	0,70
0 45 50	1500,00	0,30	0,40	-	0,40	0,60	0,40	0,60	0,50	0,50	0,70
1 00 00	1145,92	0,30	0,50	-	0,40	0,60	0,40	0,60	0,60	0,50	0,70
1 08 45	1000,00	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,40	0,60	0,60	0,50	0,70
1 30 00	763,95	0,40	0,60	0,30	0,50	0,70	0,40	0,60	0,60	0,60	0,80
1 31 48	750,00	0,40	0,60	0,30	0,50	0,70	0,40	0,60	0,60	0,60	0,80
2 00 00	572,96	0,50	0,60	0,40	0,60	0,80	0,50	0,70	0,70	0,60	0,80
2 17 31	500,00	0,50	0,70	0,40	0,60	0,80	0,50	0,70	0,70	0,60	0,80
2 30 00	458,36	0,50	0,70	0,40	0,60	0,80	0,60	0,70	0,70	0,60	0,80
2 51 53	400,00	0,50	0,70	0,40	0,60	0,80	0,60	0,80	0,70	0,70	0,90
3 00 00	381,97	0,50	0,70	0,50	0,70	0,90	0,60	0,80	0,70	0,70	0,90
3 49 11	300,00	0,60	0,80	0,50	0,70	0,90	0,60	0,80	0,80	0,70	0,90
4 00 00	286,48	0,60	0,80	0,60	0,70	1,00	0,70	0,90	0,80	0,80	1,00
4 35 01	250,00	0,70	0,90	0,60	0,80	1,00	0,70	0,90	0,80	0,80	1,00
5 00 00	229,18	0,89	0,90	0,60	0,90	1,10	0,80	0,90	0,90	0,80	1,00
5 43 48	200,00	0,80	1,00	0,70	0,90	1,10	0,80	1,00	0,90	0,80	1,00
6 00 00	190,99	-	-	0,70	0,90	1,10	0,80	1,00	0,90	0,80	1,00
6°44'26"	170,00	-	-	0,80	1,00	1,20	0,90	1,10	1,00	0,90	1,10
7 00 00	163,70	-	-	0,80	1,00	1,20	0,90	1,10	1,00	0,90	1,10
7 38 22	150,00	-	-	0,80	1,00	1,20	0,90	1,10	1,00	0,90	1,10
8 00 00	143,24	-	-	0,90	1,10	1,30	0,90	1,10	1,10	1,00	1,20

Tabla E.1 (Conclusión)

8 48 53	130,00	-	-	0,90	1,10	1,30	1,00	1,20	1,10	1,00	1,20
9 00 00	127,32	-	-	0,90	1,10	1,30	1,00	1,20	1,10	1,00	1,20
10 00 00	114,59	-	-	1,00	1,20	1,40	1,10	1,30	1,20	1,10	1,20
10 25 03	110,00	-	-	1,00	1,20	1,40	1,10	1,30	1,20	1,10	1,30
11 00 00	104,17	-	-	-	-	-	1,10	1,30	1,20	1,10	1,30
12 00 00	95,49	-	-	-	-	-	1,20	1,40	1,30	1,20	1,40
12 43 56	90,00	-	-	-	-	-	1,30	1,50	1,30	1,20	1,40
13 00 00	88,15	-	-	-	-	-	1,30	1,50	1,40	1,30	1,50
14 00 00	81,85	-	-	-	-	-	1,30	1,50	1,40	1,30	1,50
14 19 26	80,00	-	-	-	-	-	1,30	1,50	1,40	1,30	1,50
15 00 00	76,39	-	-	-	-	-	1,40	1,60	1,50	1,40	1,60
16 00 00	71,62	-	-	-	-	-	1,40	1,60	1,50	1,40	1,60
16 22 12	70,00	-	-	-	-	-	1,50	1,70	1,60	1,40	1,60
17 00 00	67,41	-	-	-	-	-	-	-	1,60	1,50	1,70
19 00 00	60,31	-	-	-	-	-	-	-	1,70	1,60	1,80
20 00 00	57,30	-	-	-	-	-	-	-	1,80	1,70	1,90
21 00 00	54,57	-	-	-	-	-	-	-	1,80	1,70	1,90
22 00 00	52,09	-	-	-	-	-	-	-	1,90	1,80	2,00
22 55 06	50,00	-	-	-	-	-	-	-	1,90	1,80	2,00
24 00 00	47,45	-	-	-	-	-	-	-	2,00	1,80	2,00
25°00'00"	45,84	-	-	-	-	-	-	-	2,00	1,90	2,10
26 00 00	44,07	-	-	-	-	-	-	-	2,00	1,90	2,10
28 00 00	40,93	-	-	-	-	-	-	-	2,10	1,90	2,10
30 00 00	38,20	-	-	-	-	-	-	-	2,10	2,00	2,20
32 00 00	35,31	-	-	-	-	-	-	-	-	2,20	2,40
34 00 00	33,70	-	-	-	-	-	-	-	-	2,30	2,50
36 00 00	31,82	-	-	-	-	-	-	-	-	2,40	2,60
38 11 50	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	2,50	2,70
40 00 00	28,65	-	-	-	-	-	-	-	-	2,60	2,80
45 00 00	25,46	-	-	-	-	-	-	-	-	2,70	2,90
50 00 00	22,92	-	-	-	-	-	-	-	-	2,90	3,20
55 00 00	20,46	-	-	-	-	-	-	-	-	3,30	3,50

Bibliografía

- [1] Cuba, NC 53 - 126: 1984 Elaboración de proyectos de construcción. Diseño geométrico de caminos forestales. Parámetros fundamentales y secciones típicas
- [2] Cuba, NC 53 - 02: 1986 Elaboración de proyectos de construcción. Carreteras rurales. Categorización técnica y características geométricas del trazado directo
- [3] España, Barcelona, Editorial Labor, E. Neuman, Las carreteras modernas.
- [4] España, Madrid, Dirección General de transporte, 1991, Diseño de carreteras en áreas suburbanas
- [5] España, Instrucción de carreteras, 1998, Norma 3.1 - IC "Trazado"
- [6] México, Secretaría de Obras Públicas, 1974, Manual de proyecto geométrico de carreteras. Primera edición
- [7] Unión Soviética, SNIP – II - e5 – 72, Normas y reglamentos de la construcción. Carreteras. Normas de proyecto
- [8] Bulgaria, Sofí, Edición Técnica, 1974, D. Sotirov, Proyecto de Carreteras
- [9] Cuba, E. R. La Habana, 1970, T. F. Hickerson, Levantamiento y trazado de caminos
- [10] Cuba, La Habana, Editorial Ciencia y Técnica, 1969, Manual de campo